2011.12

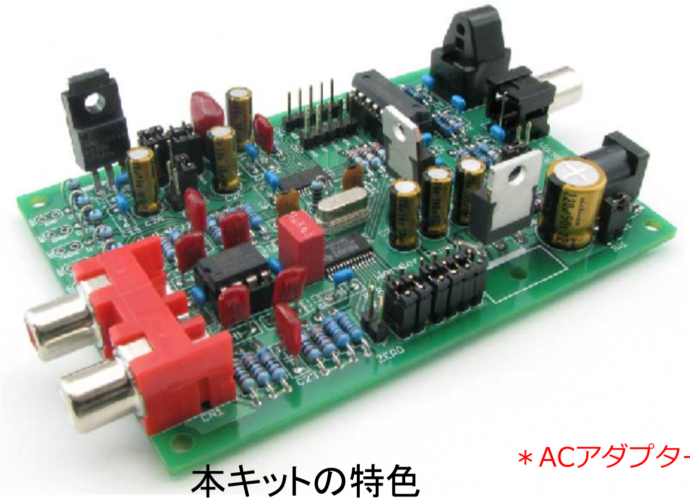
“ものづくり”支援で、共に未来へ
KYOHRITSU
共立電子産業株式会社

Pure

# Stereo D/A Converter

## オーディオ用
## ステレオDAコンバーターキット
## WP-9193DAC

# 取扱説明書 Ver.4



＊ACアダプターは別売です。

本キットの特色

(1) CDプレーヤなどのデジタル出力(S/PDIF信号)をアナログ出力に変換する
D-Aコンバータです。
(2) 入力として、光/同軸/TTLレベルの直接入力が選べます。
(3) サンプリング96kHz、24bitまでの入力に対応しています。
(4) オーディオシリアル信号の出力が引き出されており、各種デジタルオーディオ関連
デバイスとの組み合わせで、応用範囲が広がります。

WP-9193DACの主な仕様

電源電圧: DC12V-18V(共立オリジナルACアダプタDC15V 0.8A / WN-15080を推奨します)
センタープラスタイプのACアダプタを使用
入力インターフェイス: トスリンクによる光入力/
同軸ケーブル(RCAピンプラグ)/TTLレベル直接入力
入力信号形式: S/PDIF形式、サンプリング96kHz、24bit(MAX)までの入力に対応
外部出力: オーディオシリアル信号/ユーザデータ/チャネルステータスデータ/
アナログ出力
※ 回路形式及び仕様は予告なく変更することがあります。
あらかじめご了承ください。

# 目次


| | |
|---|---|
| 取扱上の注意(必ずお読みください) | 2 |
| WP-9193DACの概要及び主な仕様 | 3 |
| LEDインジケータの意味とLEDの取り付け例 | 5 |
| WP-9193DACの機能設定 | 7 |
| デジタルオーディオの楽しみ | 16 |
| WP-9193DACの応用例(デジタルアンプ) | 23 |
| WP-9193DAC 全体回路図 | 32 |


# 取扱上の注意(必ずお読みください)

(1) 本キットにACアダプタを接続するときは、センターがプラスになっているものをご使用ください。

センターがマイナスのACアダプタを接続しても、動作しません。

(2)本キットを金属ケースに組み込むときは、ACアダプタのマイナス側がケースに接触しないよう、ケースの加工にご注意ください。

本キットは内部で仮想グラウンドを生成していますので、ACアダプタのマイナス側と、信号のグラウンドが異なります。ACアダプタのマイナス側がケースに接触しますと、内部の部品を痛めることがあります。

*当社は、お客様の特定の目的にかなうことや、他の機器に対して侵害なきことを一切保障することはできません。
またいかなる状況下、法律上、契約上のもとにおいて、間接的、付随的、あるいは結果的に生じたいかなる種類の損害に対しても一切の責任を負うことはできませんのでご了承ください。

*予告なく仕様やデザインの変更をすることがありますのでご了承ください。

# WP-1793DACの概要

WP-9193DACは、CDプレーヤや各種デジタルオーディオ機器から出力されるデジタルオーディオ信号(S/PDIFフォーマット)をアナログ出力に変換するための、DAコンバータです。

サンプリング周波数96kHz、24ビットまでの入力信号に対応しています。

入力信号の接続方法として、光ケーブルによる接続と、同軸ケーブル(RCAピンジャック)による接続、TTLレベルの直接入力が選べます。

電源には、DC12Vから18VまでのACアダプタ(センター側がプラスになっているもの)が使用可能ですが、DC15Vで動作させたとき、性能をフルに発揮できます。(注意: センター側がマイナスになっているACアダプタは使えません)

WP-9193DACは、S/PDIFフォーマット信号をオーディオシリアル信号に変換するデジタルオーディオインターフェイス(DIR9001)と、オーディオシリアル信号をアナログ信号に変換するDAコンバータ(PCM1793及びOPアンプのOPA2134)からなります。デジタルオーディオインターフェイスはサンプリング周波数96kHz、24ビットまでの入力に、DAコンバータはサンプリング周波数192kHz、24ビットまでの入力に、それぞれ対応しています。

WP-9193DACの基板上には、デジタルオーディオインターフェイスICの出力として、オーディオシリアル信号と各種情報出力が取り出せるピンが用意されていますので、各種デジタルオーディオ関連のICと組み合わせて、応用範囲を広げることができます。

## WP-9193DACの主な仕様

(仕様は予告なく変更することがあります)

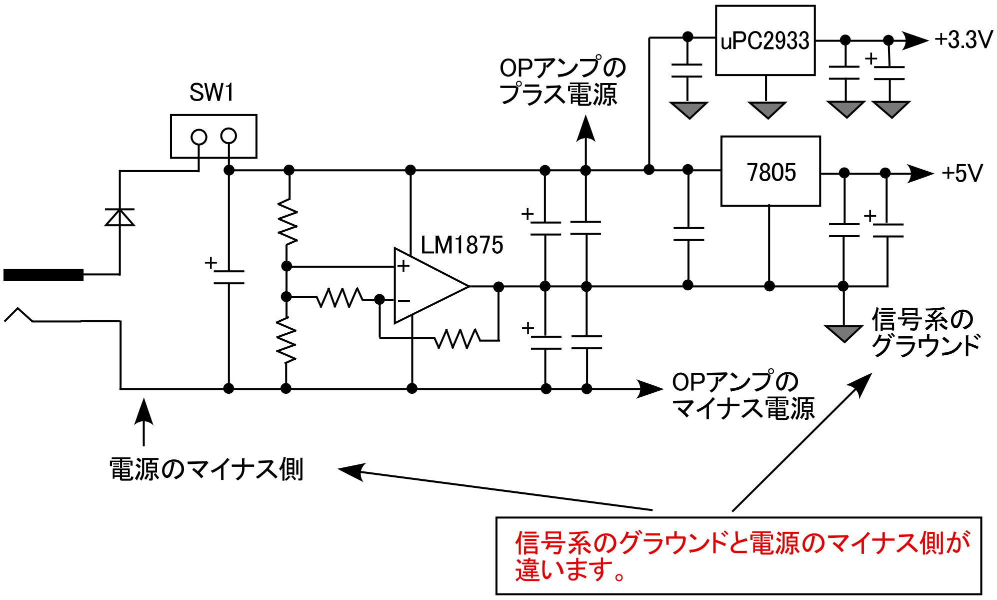
| | |
|---|---|
| 電源電圧 | 12V～18V(15Vでの動作を推奨します)<br>センター側がプラスのACアダプタ(プラグ直径2.1φ)に対応 |
| 入力フォーマット | S/PDIF形式<br>サンプリング周波数96kHz/24ビットまで対応 |
| 入力インターフェイス | 光ケーブル接続(トスリンク)/同軸ケーブル接続(RCAピンジャック)/<br>TTLレベルによる直接入力 |
| 出力インターフェイス | アナログ(ライン)出力(RCAピンジャック)<br>オーディオシリアル信号出力<br>各種情報(ユーザデータ/チャネルステータス)出力 |
| 歪率 | 1kHzにおいて約0.05%以下<br>(電源電圧15V、パソコン上の波形生成ソフトとUSBオーディオインターフェイスによる実測値) |
| その他 | DAIの状態を表示するためのLED接続可能 |

### 注意(電源について)

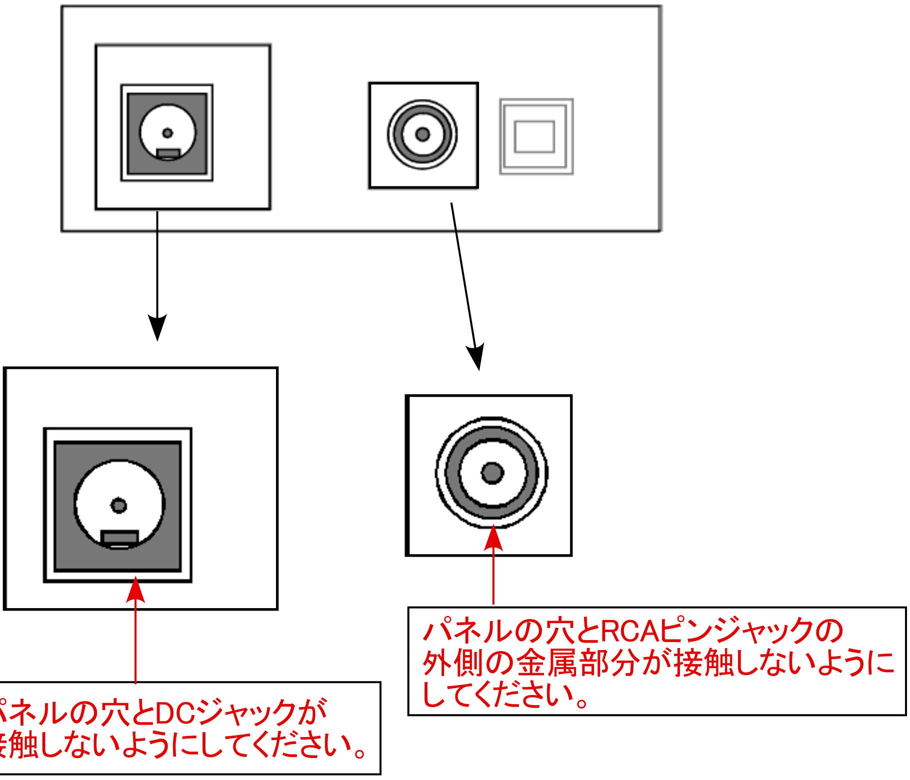
WP-9193DACは、内部で仮想グラウンドを使用しています。(次ページの図をご覧ください)
このため、電源のマイナス側と信号のグラウンドが別になっています。
WP-9193DACの電源を他の機器の電源と共通にできませんので、ご使用の際は、必ず他の機器とは別のACアダプタをご使用ください。
また、ケースに組み込む際は、信号のグラウンドと電源のマイナス(DCプラグの外側)が接触しないよう、特にご注意ください。

## WP-9193DAC 電源まわりの回路図 （回路は予告なく変更することがあります）

（電源のマイナス側と信号のグラウンドとの関係を示すための略図です。
回路定数は省略してあります）



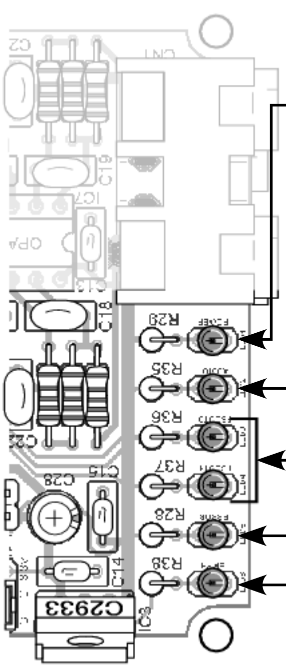

## ケースに組み込む時の注意




注意: DCジャックやRCAピンジャックの金属部分がパネルと接触しますと、
故障の原因となります。

# LEDインジケータの意味とLEDの取り付け例

WP-9193DACには、状態を表示するためのLEDが接続可能です。組み込むケースに応じて好みに合わせレイアウトして頂けますよう、LEDは後付けになっています。それぞれのLEDの意味については下の図をご覧ください。




LED1(POWER): WP-9193DACの電源が入っているとき点灯します。

LED2(AUDIO): 有効なオーディオデータが入力されているときは消灯、
オーディオデータ以外のときは点灯します。

LED3、LED4: 入力信号から推測されるサンプリング周波数を表示します。
LEDの点灯パターンとサンプリング周波数の関係は、下の表の通りです。

| LED3 | LED4 | サンプリング周波数 |
|---|---|---|
| 消灯 | 消灯 | 44.1kHz(43.0～45.2kHz) |
| 点灯 | 消灯 | 48kHz(46.8～49.2kHz) *96kHzの時もこの組み合わせで点灯 |
| 消灯 | 点灯 | この表のサンプリング周波数以外の周波数の場合、または内部PLLがロックしていない（入力がないなど）の場合 |
| 点灯 | 点灯 | 32kHz(31.2～32.8kHz) |

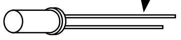
LED5(ERROR): 入力信号にエラーがある場合(入力に何も接続していないときなど)に点灯します。

LED6(EMPH): プレ･エンファシスが有効になっているとき点灯します。

LEDの取り付け方法の例を以下に挙げます。取り付けたいケースや好みに合わせて工夫してみてください。

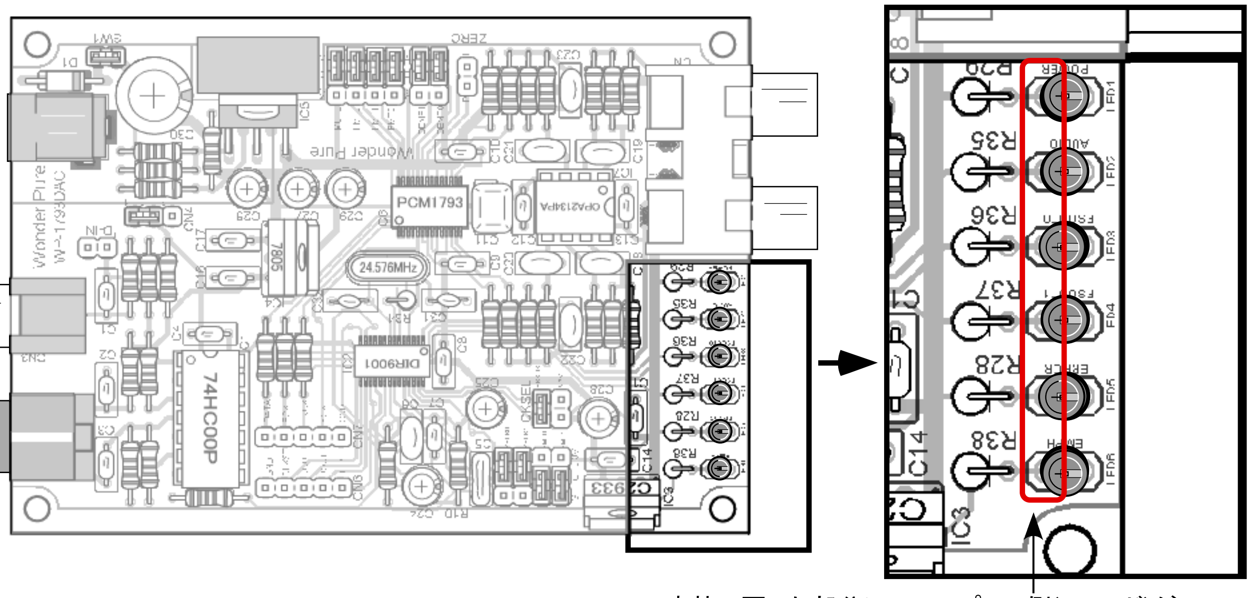
実装例1: 基板に直接実装する場合

LED



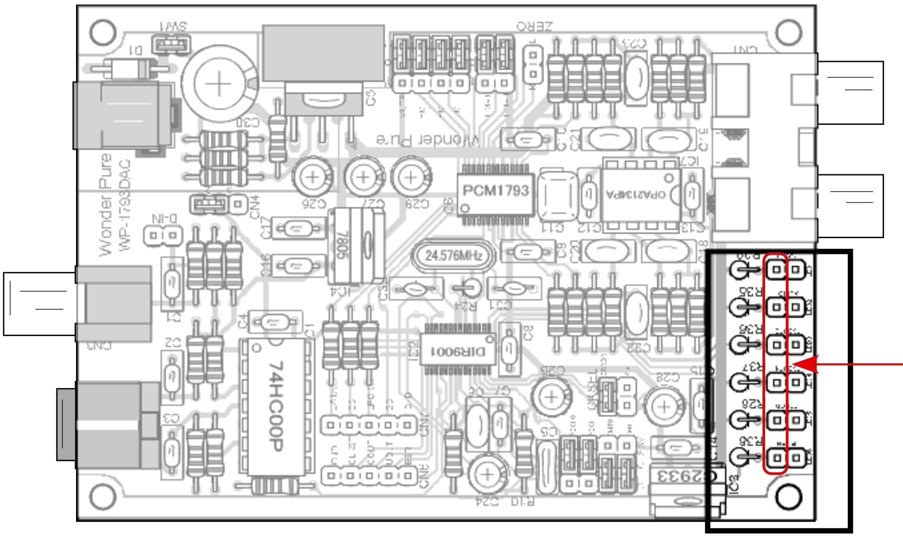
プラス側

LEDは、足の長いほうがプラス(+)側です。




赤枠で囲った部分にLEDのプラス側(アノード)が
来るようにしてください。

## 実装例2: 基板にヘッダピンを立てて、そこに接続する場合

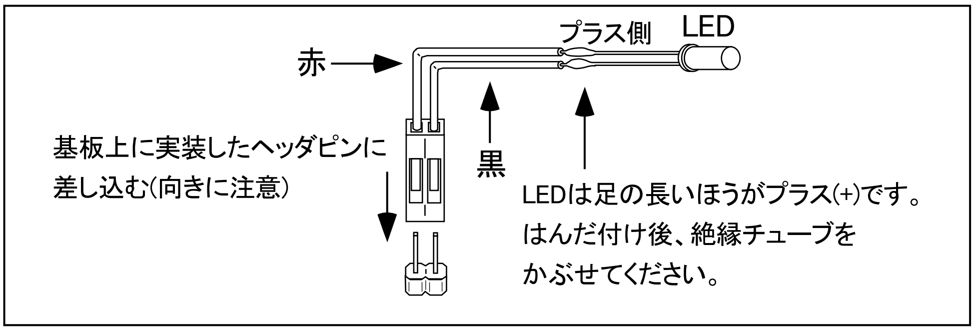



赤枠で囲った部分が
LEDのプラス側(アノード)に
なるようにしてください。

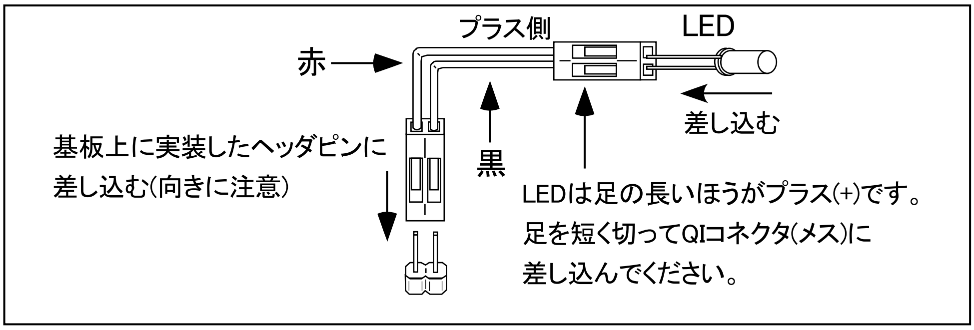
基板のLED1-6のところに、1列2ピンのヘッダピンをはんだ付けします。

絶縁チューブ(別売り)を2ピンQIケーブル(別売り)のそれぞれの線に通した後で、LEDをはんだ付けし、
絶縁チューブをかぶせます。

※QIケーブル及び絶縁チューブは別売です。別途お求めください。




または、LEDの足をQIコネクタ(メス)に入るようにカットしてQIケーブルの片側に差し込んでもかまいません。



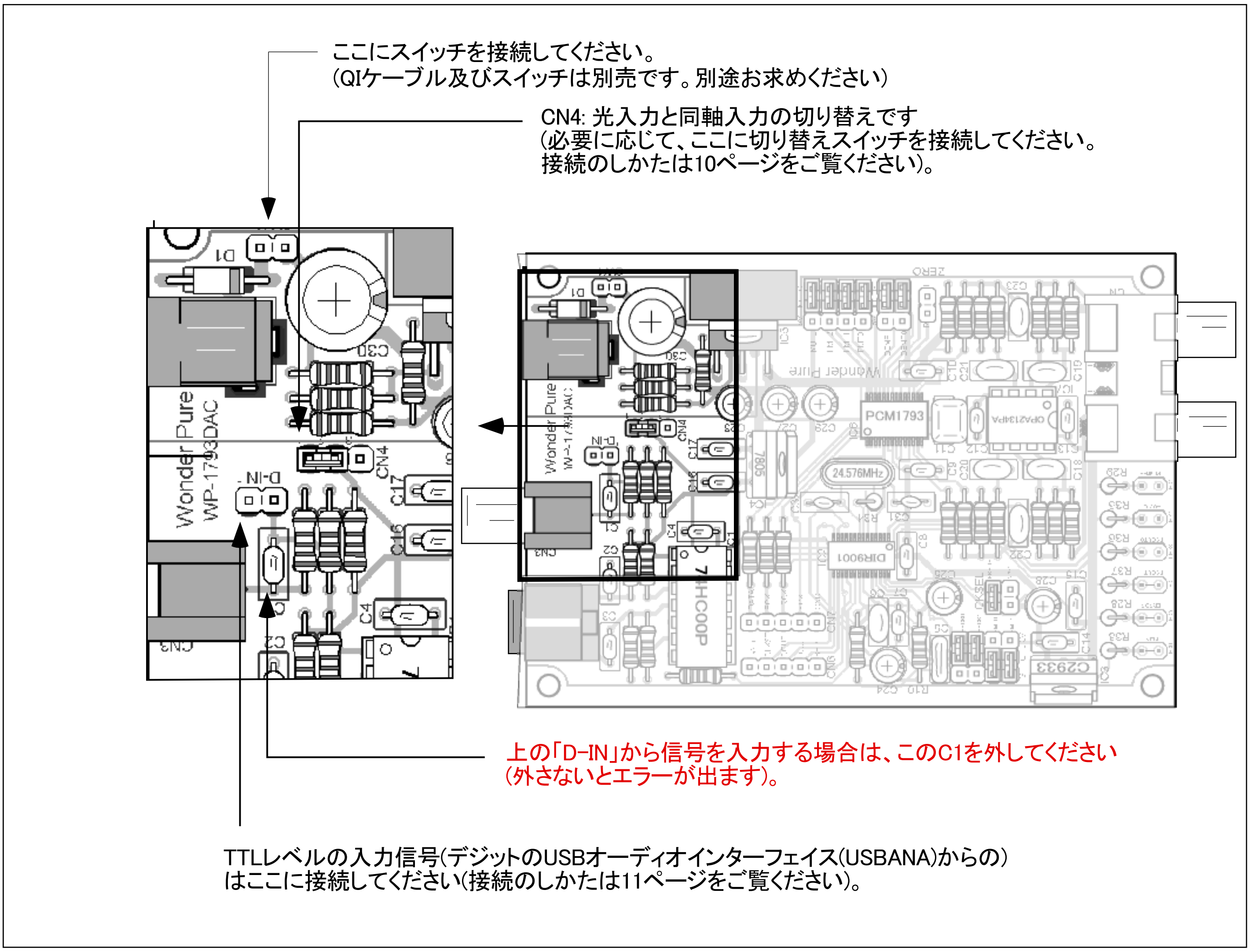

基板上にはんだ付けしたヘッダピンに、LEDを取り付けた2ピンQIケーブルを差し込みます(向きに注意)。

# WP-9193DACの機能設定

WP-9193DACの機能は、基板上のジャンパによって設定され、その設定は電源ON時に読み込まれます
(したがって、ジャンパ設定を変更した場合は、電源を一旦入れ直さないと反映されませんので、ご注意ください)。

注意: WP-9193DACの電源は必ず他の機器と別のACアダプタを使って供給してください
(内部で仮想グラウンドを使用していますので、電源のマイナス側と信号のグラウンド側が異なって
います。詳細はこの説明書の5ページの図を参照してください)。
他の機器と電源を一緒にしますと、故障の原因になります。

## (1) 入力部まわりの設定

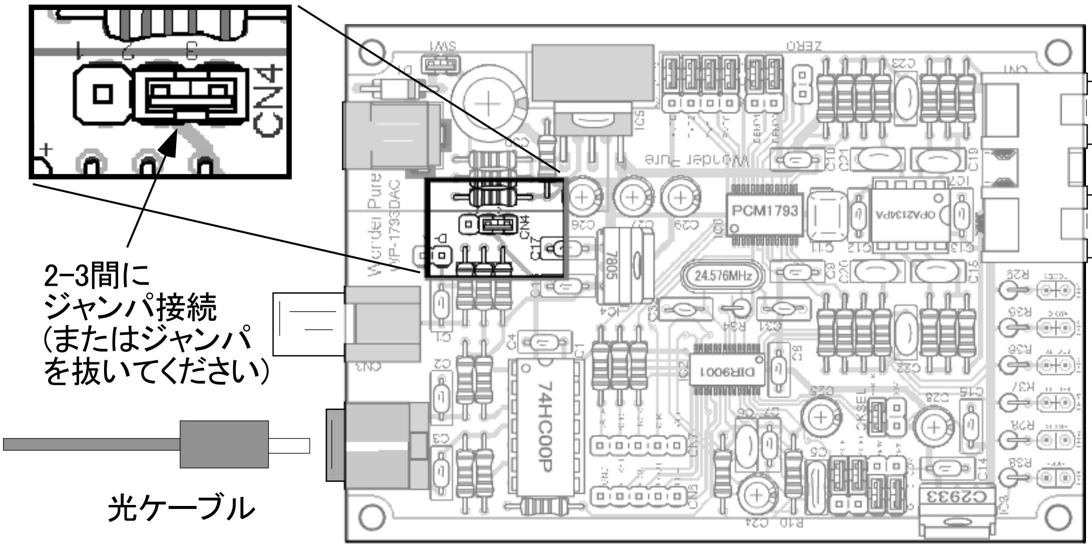



CDプレーヤやその他デジタルオーディオ機器のデジタル出力からの同軸ケーブル(RCAピンプラグ)は、RCAピンジャック(CN3)に、光ケーブルはトスリンク(RCAピンジャックの下にある黒いコネクタ)に接続してください。
D-IN端子にTTLレベルの信号を接続したい場合(デジットのUSBオーディオインターフェイス)は、RCAピンジャック(CN3)近くにある、C1を必ず取り外してください(外さないで接続するとエラーになります)。

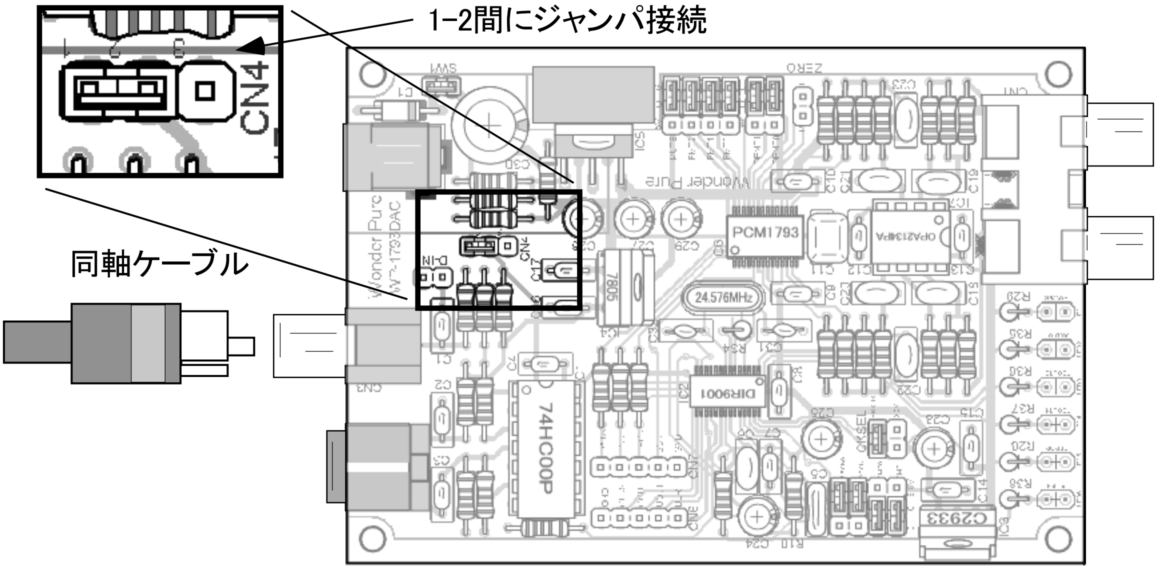
なお、光入力と同軸入力(またはD-INへのTTLレベル信号入力)は、CN4のジャンパ設定で切り替えます。次のページの図で切り替え設定を確認してください。

入力切り替えの設定(CN4):

(1) 光ケーブルを接続する場合: 光ケーブルをトスリンクに接続し、CN4のジャンパの
2-3間を短絡するか、ジャンパを抜いてください。

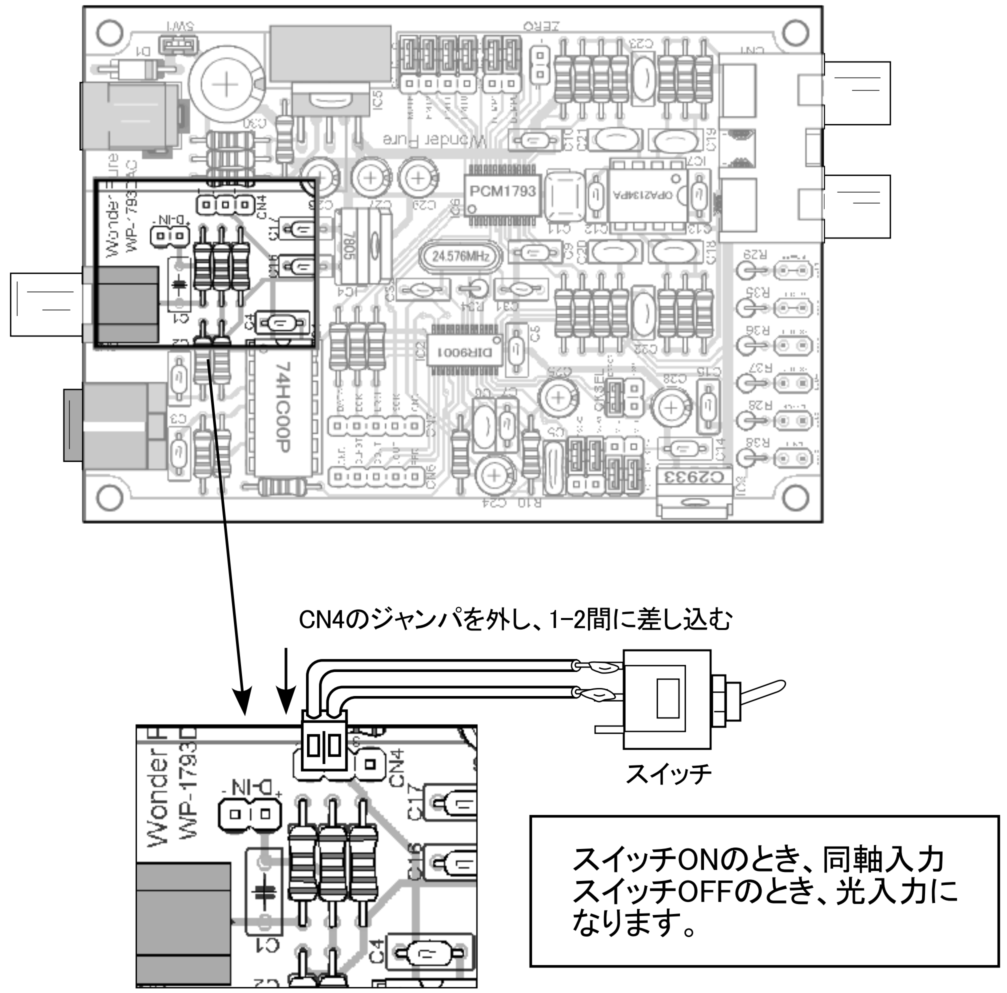



(2) 同軸ケーブル(RCAコネクタ)を接続する場合: RCAピンプラグをCN3に接続し、
CN4のジャンパの1-2間を短絡してください。



(3) 同軸入力と光入力を切り替えられるようにしたい場合

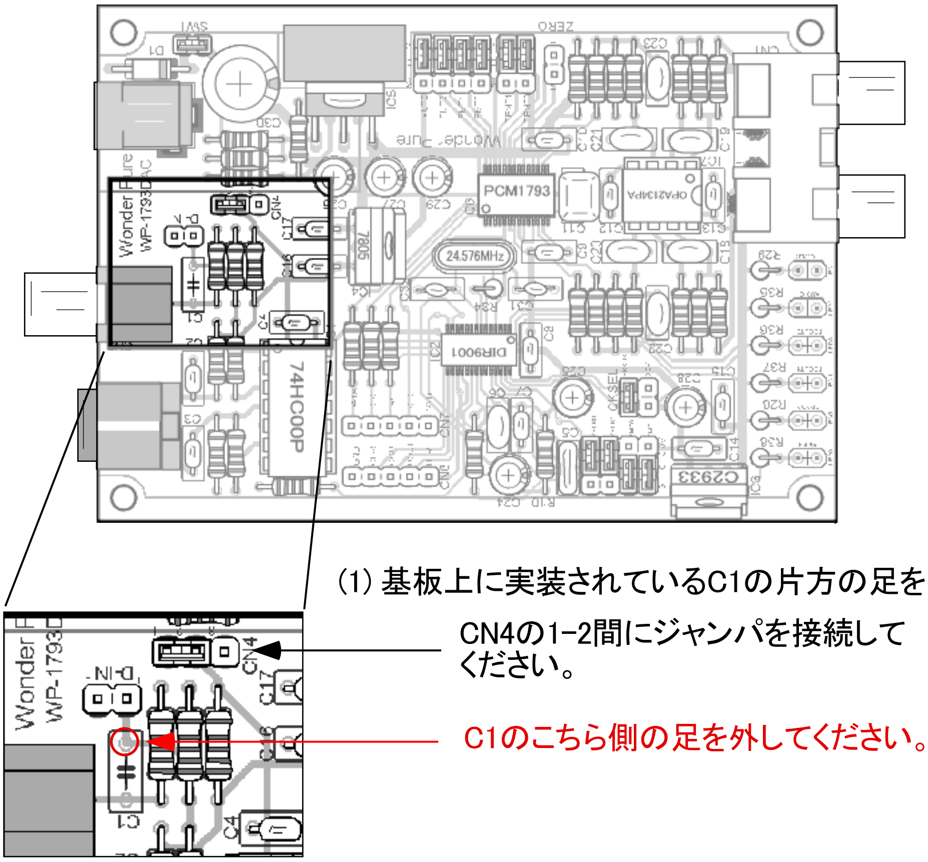
CN4のジャンパを抜き、下図のようにCN4の1-2間にスイッチを接続してください。




※スイッチ及びQIケーブルは別売です。別途お求めください。

(4) デジットのUSBオーディオインターフェイス(USBANA2704/2906)から、TTLレベルの信号を直接入力したい場合:

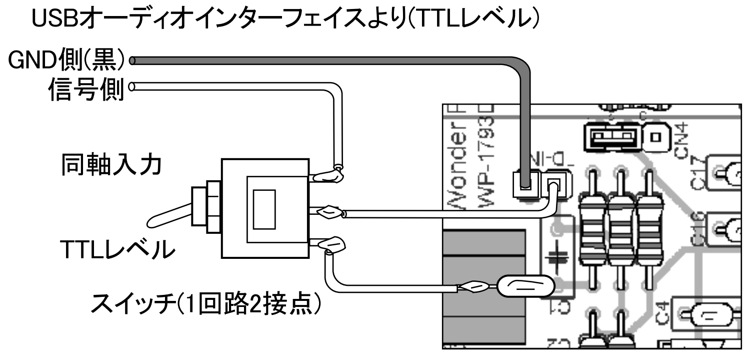
CN4の1-2間を短絡してください。下の図を参考にスイッチを接続してください。




(1) 基板上に実装されているC1の片方の足を外します。

(2) 次のように接続します(同軸とTTLレベルを切り替えられるようにしたい場合)。

(1)で外しておいたC1の足に、下の図のように配線してください。

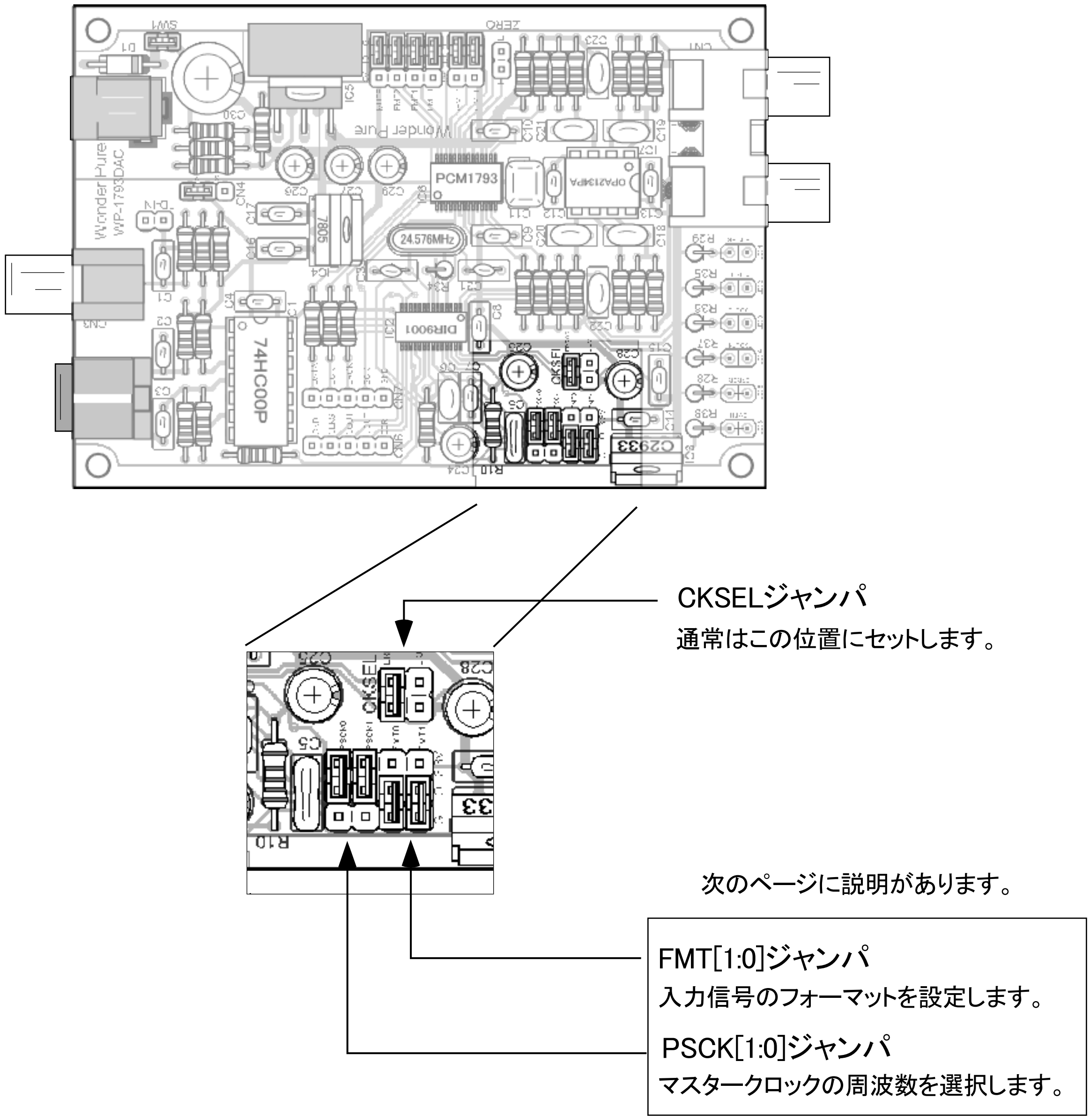



※スイッチ及びQIケーブルは別売です。別途お求めください。

なお、同軸ケーブルを使わず、USBANA2704/2906のみを使用する場合は、USBANAからのTTLレベル信号をそのままD-IN端子に接続してください。

(2) DAI(DIR9001)関係の設定

DAIの設定は、入力信号フォーマット、クロック入力の選択、システムクロックの選択からなります。ジャンパの位置は、下図をご覧ください。



CKSELジャンパの設定

| 設定 | 意味 | |
|---|---|---|
| ERROR | エラー出力で自動切換 | デフォルトの設定 |
| 3.3V | 外付け水晶発振子 | |

CKSELジャンパで、DAIへの入力クロックを選択します。通常はERRORに設定します。ERRORに設定した場合、通常はS/PDIF信号から取り出されたクロックを使用し、S/PDIF信号にエラーが発生した時(接続ケーブルを抜いた、など)に外付け水晶発振子に自動的に切り替わります。CKSELを3.3Vに設定した場合は、常時外付け水晶発振子をクロック源とします。

デフォルトの設定は、エラー出力で自動切換です。

FMT[1:0]の設定

| FMT1 | FMT0 | 意味 | |
|---|---|---|---|
| G-IO | G-IO | 16bit右詰め(Right Justified) | デフォルトの設定 |
| G-IO | IO-3.3V | 24bit 右詰め | |
| IO-3.3V | G-IO | 24bit 左詰め(Left Justified) | |
| IO-3.3V | IO-3.3V | 24bit I2Sフォーマット | |

FMT[1:0]ジャンパで、どの形式でオーディオシリアル信号を出力するかを設定します。データ長は16ビットと24ビット、24ビットについては右詰めと左詰めとI2Sが選べます。D-Aコンバータ(PCM1793)の設定と同じ設定にしてください。

デフォルトの設定ではFMT1をG-IO間、FMT0をG-IO間(16ビット右詰め)です。

PSCK[1:0]の設定

| PSCK1 | PSCK0 | 意味 | |
|---|---|---|---|
| G-IO | G-IO | SCK=128fs | |
| G-IO | IO-3.3V | SCK=256fs | |
| IO-3.3V | G-IO | SCK=384fs | |
| IO-3.3V | IO-3.3V | SCK=512fs | デフォルトの設定 |

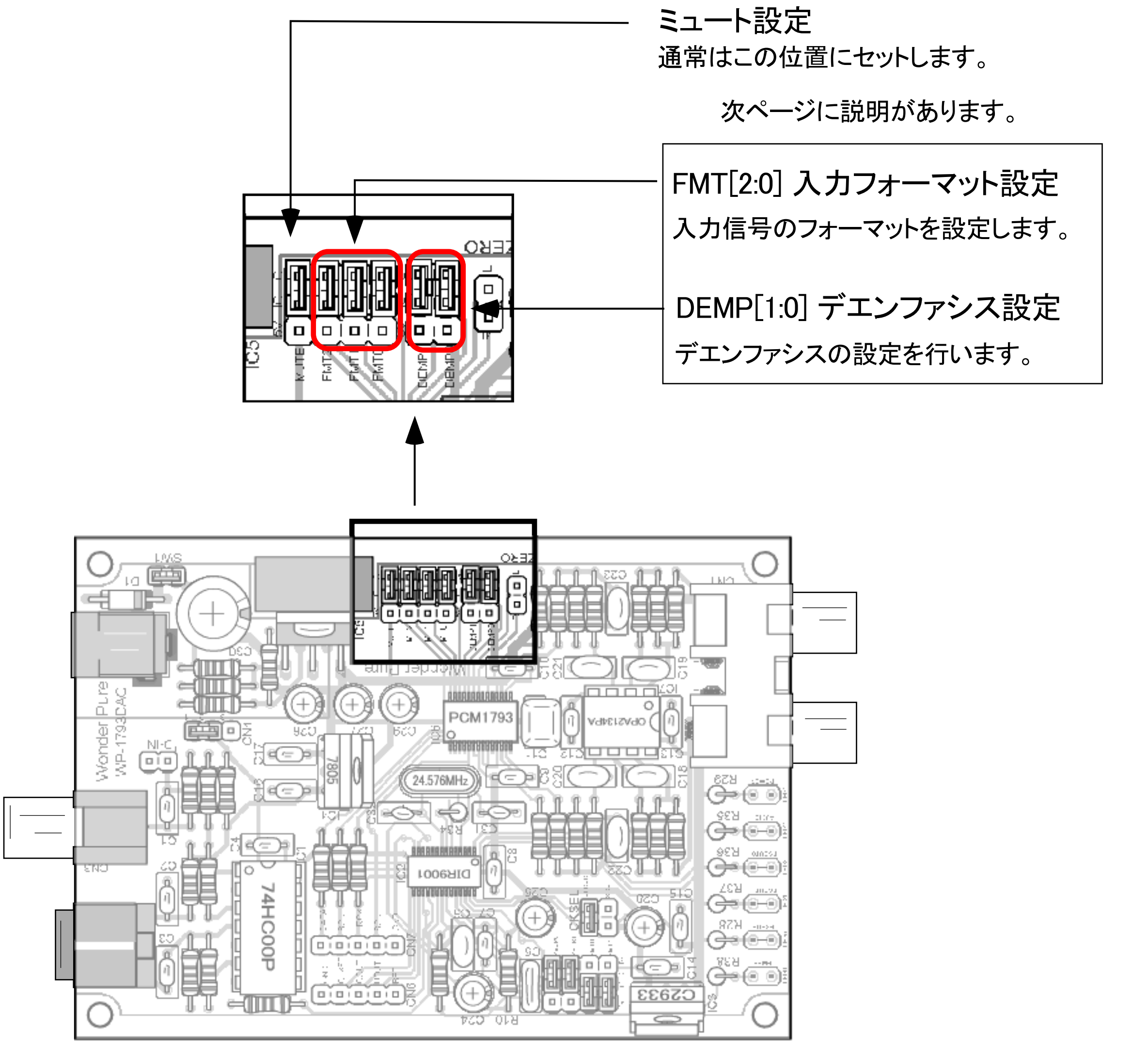
PSCK[1:0]ジャンパで、DAIから他のICに供給されるシステムクロック(オーディオシリアル信号のマスタクロック(BCK)ではありません)をサンプリング周波数の何倍にするかを設定します。

このキットでは特に意味はありませんが、外部に何かを接続してみたい場合は注意してください。

デフォルトの設定ではPSCK1=IO-3.3V、PSCK0=IO-3.3Vです。

## (3) D-A(PCM9193)関係の設定

D-Aの設定は、入力信号フォーマットの選択(FMT[2:0])、デエンファシスの選択(DEMP[1:0])、ミュート設定(MUTE)からなります。ジャンパの位置は、下図をご覧ください。



FMT[2:0] 入力信号フォーマットの選択

| FMT2 | FMT1 | FMT0 | 意味 | |
|---|---|---|---|---|
| G-IO | G-IO | G-IO | 16bit 右詰め(Right Justified) | デフォルトの設定 |
| G-IO | G-IO | IO-3.3V | 20bit 右詰め | |
| G-IO | IO-3.3V | G-IO | 24bit 右詰め | |
| G-IO | IO-3.3V | IO-3.3V | 24bit 左詰め(Left Justified) | |
| IO-3.3V | G-IO | G-IO | 16bit I2S | |
| IO-3.3V | G-IO | IO-3.3V | 24bit I2S | |
| IO-3.3V | IO-3.3V | G-IO | 予約(使用禁止) | |
| IO-3.3V | IO-3.3V | IO-3.3V | 予約(使用禁止) | |

PCM1793への入力信号フォーマットを選択します。DAI(DIR9001)の設定に合わせてください。デフォルトの設定は、FMT2=G-IO、FMT1=G-IO、FMT0=G-IO(16bit 右詰め)になっています。

注意: 上の表中「予約(使用禁止)」とある設定は使えません。使用しないでください。

DEMP[1:0] デエンファシス用デジタルフィルタのサンプリング周波数の選択

| DEMP1 | DEMP0 | 意味 | |
|---|---|---|---|
| G-IO | G-IO | デエンファシスなし | デフォルトの設定 |
| G-IO | IO-3.3V | 48KHz | |
| IO-3.3V | G-IO | 44.1kHz | |
| IO-3.3V | IO-3.3V | 32kHz | |

PCM1793内蔵デエンファシス用デジタルフィルタのサンプリング周波数を選択します。
デフォルトの設定はDEMP1=G-IO、DEMP0=G-IO(デエンファシスなし)になっています。
パソコンの波形生成ソフトを使って試験用発振器を作るときは、DEMP1=G-IO、DEMP0=G-IO(デエンファシスなし)に設定してください。

MUTE: 出力ミュートの設定

| MUTE | 意味 | |
|---|---|---|
| G-IO | オーディオ出力をミュートしない | デフォルトの設定 |
| IO-3.3V | オーディオ出力をミュートする | |

オーディオ出力をミュートするかしないかを選択します。
IO-3.3Vに設定すると出力がミュートされます。
デフォルトの設定ではG-IO(ミュートしない)です。

また、MUTE端子のジャンパを外してマイコンの出力ポートを接続することで、マイコンからミュート制御ができます(5V電源のマイコンと直結できます)。

ZERO:

D-Aコンバータのデータが0のとき、Hレベルが出力されます。左右2つあります。

# デジタルオーディオの楽しみ

趣味の手作りオーディオとして、スピーカのエンクロージャやアンプ(近年流行りのD級アンプも含む)を作ったりして楽しんでおられる方も多いでしょう。しかし、こうした自作を楽しんでいて、

「アンプやスピーカ以外にも何か作ってみたいのだけど、ちょっと手が出ない」

と一種のもどかしさを感じておられる方もいることでしょう。

確かに、従来のオーディオの枠内では、これ以外の機器は少々作りにくいかも知れません。しかし、デジタルオーディオの世界に目を向けることで、新たな手作りオーディオの楽しみを見出せるかも知れません。例えば、

(1) デジタルオーディオ信号の標準フォーマットである、S/PDIF(Sony/Philips Digital Interfaceの略、CDプレーヤなどから出ているデジタル出力はこの形式です)を入力としたD-Aコンバータを自作することで、市販のデジタルオーディオ機器の仕組みへの理解を深めることができるとともに、手持ちのCDプレーヤ(及びその他のデジタルオーディオ機器)の音質を手軽にグレードアップできます。

(2) オーディオ機器の測定に使われる正弦波などを生成できるフリーのパソコンソフトと、USB接続でS/PDIF形式の信号を出力できるインターフェイス、自作D-Aコンバータを組み合わせることで、市販品でもなかなか実現できないような、高性能のオーディオ機器測定用信号源が、手ごろな費用で自作できます。

これ以外にも、アイデアと組み合わせ次第で色々な応用がありそうです。

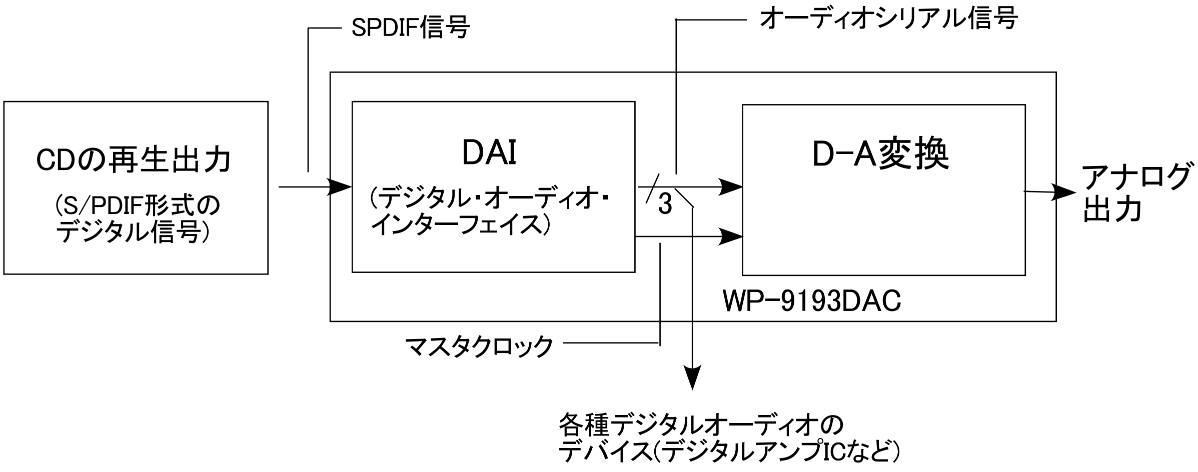
デジタルオーディオ機器の自作の第一歩として、CDプレーヤなどデジタルオーディオ機器から出力されるS/PDIF信号をアナログのオーディオ信号に変換するD-Aコンバータは、手ごろなテーマでしょう。手持ちのCDプレーヤの音質をグレードアップできるなど、かなり楽しめそうです。

今回ご紹介しますWP-9193DACは、このD-Aコンバータです。組み立てキットではなく、基板完成品ですが、様々な設定が可能で、DAI(Digital Audio Interface)からの出力が基板上に引き出されているため、お手持ちのCDプレーヤの音質グレードアップを図る以外にも、デジタルアンプICとの組み合わせにより、S/PDIF信号を入力として直接スピーカを鳴らすデジタルアンプを作ったり、超高性能オーディオ試験用信号源を作ったりと、様々な工作の素材としてもお使いいただけます。

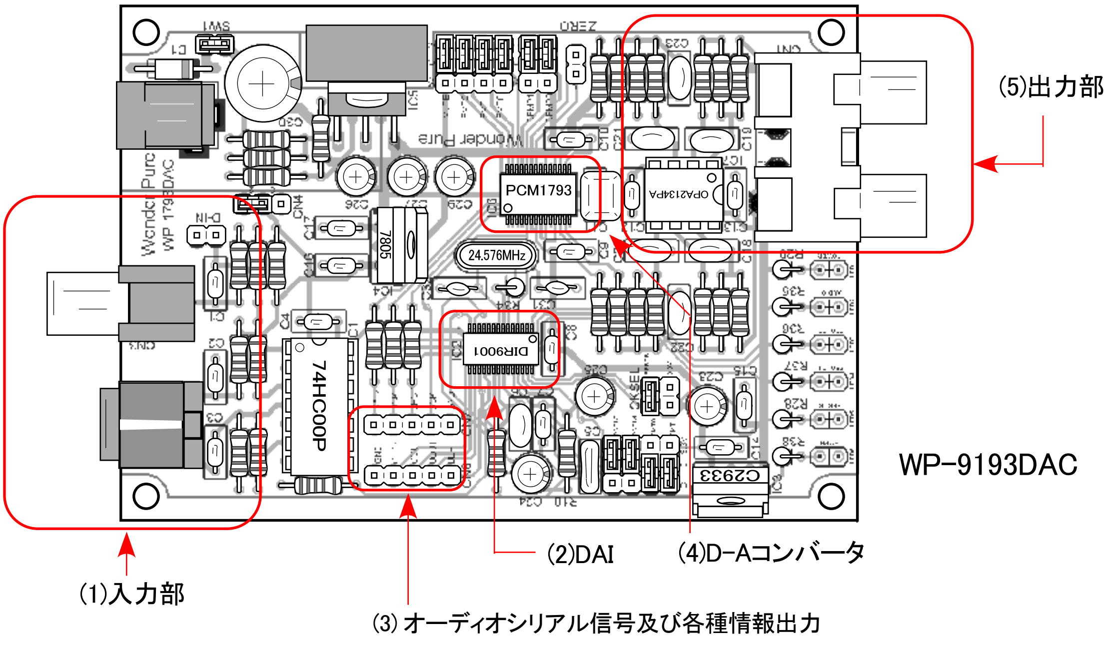
# D-Aコンバータのしくみ

WP-9193DACは、S/PDIF形式のデジタル入力からアナログ出力を得ることのできるD-Aコンバータです。
身近にあるCDプレーヤにも同様の回路が搭載されています。WP-9193DACを例として、CD上の音楽データがどのような過程でアナログのオーディオデータに変換されるかを見てみましょう。図1をご覧ください。

（図1）D-Aコンバータの位置づけ




（図2）WP-9193DAC上の配置

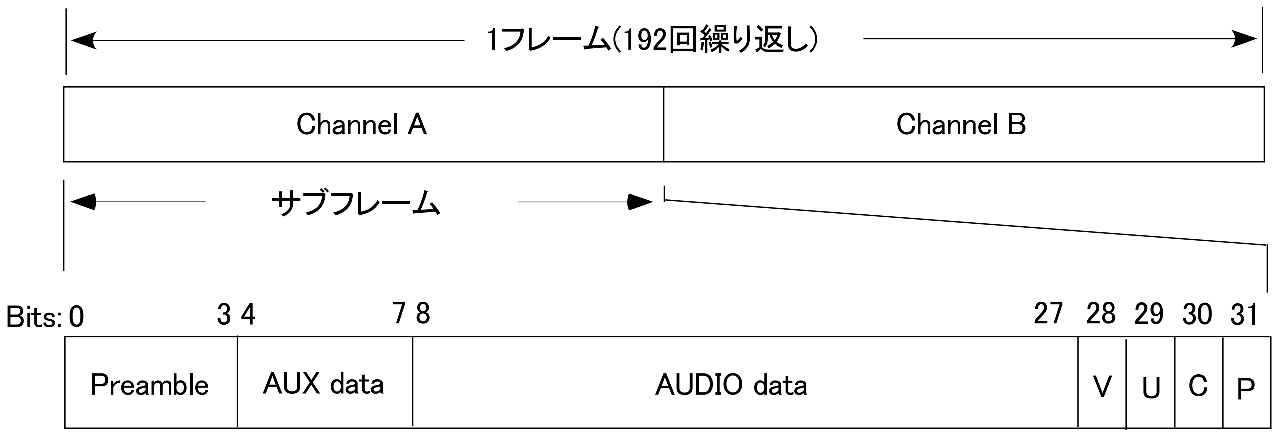


(1) 入力部と(2)DAI(Digital Audio Interface)は、デジタルオーディオ機器からやってくるデジタル信号(S/PDIFフォーマット)を受け取り、LRクロック(サンプリングクロック)、シリアルデータ、ビットクロックの3つの信号からなるオーディオシリアル信号に変換する働きをします。WP-9193DACでは、このDAI(Digital Audio Interface)に、DIR9001というICを使っています。このDIR9001は、サンプリング周波数96kHz、24ビットデータまでの信号に対応しています。

また、WP-9193DACでは、DAI(Digital Audio Interface)からのオーディオシリアル信号と、入力のS/PDIF信号から取り出されたマスタークロックと各種情報出力が得られる外部出力端子(前ページ図中の(3))が用意されており、ここにオーディオシリアル信号を使う各種デジタルオーディオ用デバイス(デジタルアンプのICなど)を接続して応用の幅を広げることができるようになっています。

S/PDIF信号は、次のような形式の信号(バイフェーズ変調)です。図3をご覧ください。

(図3) SPDIF信号の形式




上の図を見て、「クロックはどこにあるのだろう?」と思われるかも知れませんが、S/PDIF信号では、データをバイフェーズ変調(クロックとデータをXORすることで、クロックにデータを載せる変調方法)することによって、1つの信号線でクロックとデータが送れるように工夫されています。

Preamble(ビット0-3)は、サブフレームの始まりを知る(これを「同期をとる」といいます)ためのビット列です。

AUX dataフィールド(ビット4-7)は、オーディオデータの拡張用フィールドです。次のAUDIO dataフィールドが20ビット長なので、24bitオーディオの場合はこのフィールドもデータ用に使っています。

AUDIO dataフィールド(ビット8-27)には、オーディオの信号データが入っています。20ビット分の長さがあります。

Validityビット(図中ではVと表記、ビット28)は、AUDIO dataフィールドに入っている信号データが正しいかどうかの情報(0なら正しく、1なら間違っています)を表します。間違った信号データが届いたときに、このビットの情報を使って、雑音が出ないようにミュートするのに利用されます。

Userビット(図中ではUと表記、ビット29)は、ユーザ定義のデータを送るのに用いられます。

Channel Statusビット(図中ではCと表記、ビット30)は、信号チャネルの状態を送るのに用いられます。このビットを使って、コピー制御や、プレエンファシス(高域の雑音を減らすために、信号を送る側で高域を増強して送ること。信号を受ける側では逆に高域を減衰させ、それをデエンファシスといいます)の制御、AUDIO dataフィールドに入っているデータの種類(通常のオーディオデータなのか、その他のデータなのか)を判別したりすることができます。

Parityビット(図中ではPと表記、ビット31)は、これら一連のビット列中にエラーがないかどうかを検出するのに用いられます。

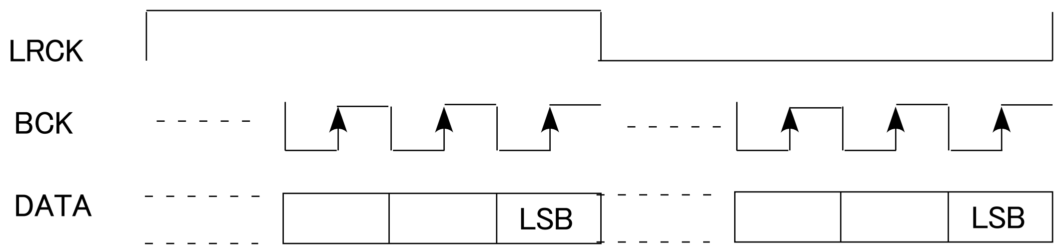
これらのフィールドからなる32bitのデータをサブフレーム、このサブフレームが2つ連続したものをフレーム(サブフレーム2つで1フレームなのは、ステレオの左右2チャンネルを想定してのことです)といいます。

また、1秒間にこのフレームが繰り返される回数をサンプリング周波数といいます。買ってきたCDの解説や、CDプレーヤの取扱説明書などに「24bit/96kHz」などと書いてあるのを見たことがあると思いますが、この「96kHz」などとあるのがサンプリング周波数です(この例でいえば、前の「24bit」はデータの表し方です)

このフレームは192個で1つのまとまりを構成しています。上に説明したサブフレーム中のUserビット/Channel Statusビットは1つのサブフレーム中に、各1ビットしかありませんが、192個集めると意味のあるデータになります。どのようなデータが入っているのか興味のある方は実験してみるのも面白いでしょう(本キットにはUOUT(User dataの出力)/COUT(Channel status dataの出力)が引き出されています)。

DAI(Digital Audio Interface)が出力するオーディオシリアル信号は、次のような形式になっています。
下の図4をごらんください。

(図4) オーディオシリアル信号の形式(信号名は本キットのものを使用)




(注: MSBファースト、Right Justified(右詰め)の例を示します。ビットは省略されています)

LRCK信号は、データが左(L)チャネルのものなのか、右(R)チャネルのものなのかを区別するのに用いられます。
このLRCK信号がHレベル(1)の時は左チャネル、Lレベル(0)の時は右チャネルのデータであることを表しています(通常の場合。Philips I2Sの場合は逆になります)。

このLRCK信号の1周期を、サンプリング周期(fs)といいます。

BCK信号は、データを取り込むタイミングを決めています。BCKの立ち上がり(LレベルからHレベルへの変化)時に、データを取り込むことになっています。

DATA信号は、符号化されたオーディオデータです。上の図ではMSBファースト(一番重い(大きな数を表す)ビットが最初に来ることからこういいます)、右詰め(LRCK信号の後ろ側に詰めます)の例を表していますが、左詰め(LRCK信号の前側にビットを詰めます)の場合や、左詰めながら1ビット分遅らせて送る場合(Philips I2S)の場合もあります。

このオーディオシリアル信号はD-Aコンバータや各種デジタルオーディオ関係のデバイスとの間で信号をやりとりする際に、標準フォーマットとして使われています。LRCK信号の極性、データビットの長さ、データの表現の仕方(右詰めか左詰め)などを、データを送る側と受け取る側で合わせておく必要があります。

また、WP-9193DAC基板上に、DAI(Digital Audio Interface)からの次の信号も出力されています
(かっこ内は本キット上の信号名):

(1) マスタークロック(SCK)

(2) Channel Statusデータ出力(COUT)

(3) ユーザ定義データ出力(UOUT)

(4) CLKST出力

(5) BFRAME出力(BER)

マスタークロック(SCK)は、S/PDIF信号からDAIによって取り出されたクロック信号で、他の部分の動作クロックとなるものです。オーディオシリアル信号中のビットクロック(BCK)とは異なります。このマスタークロックは、DAIの内部PLL(入力された信号と同期したクロック信号を発生する回路)によって生成されます。

Channel Status データ(COUT)は、S/PDIF信号(図2参照)中のCビットの出力で、コピー制御、プレエンファシスの状態、オーディオデータの状態(SPDIF信号中のAudio Data フィールド中の情報がオーディオデータなのか、他のデータなのかを表す)などが含まれています。

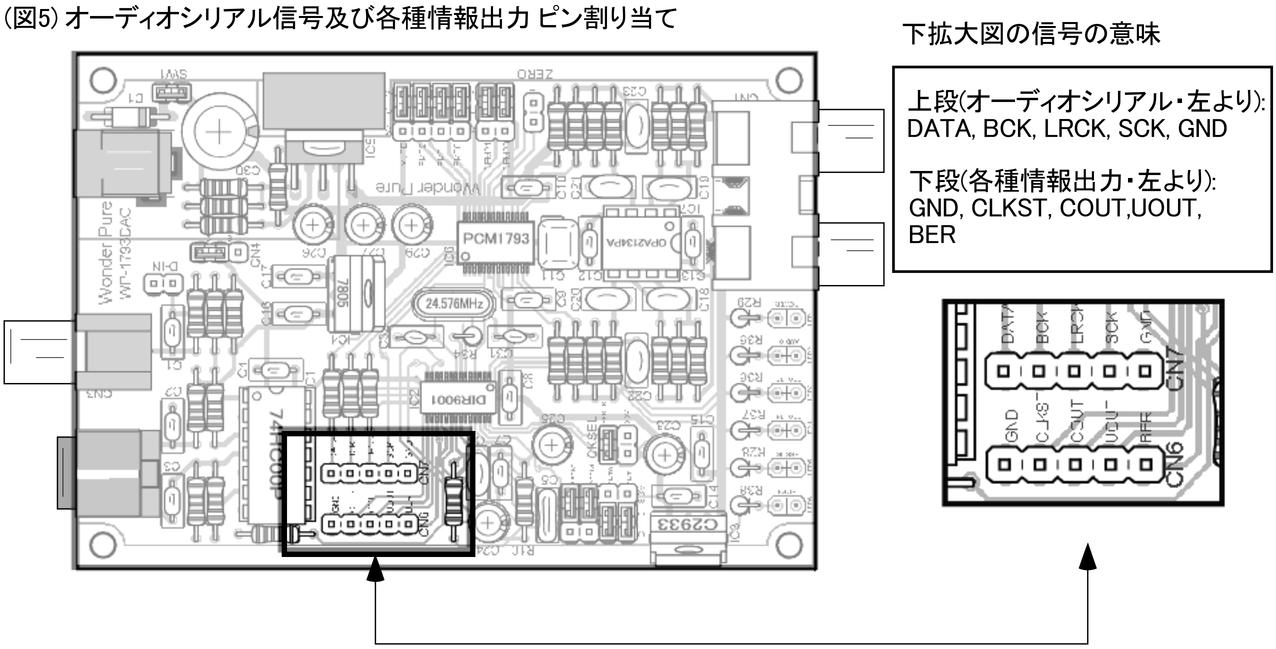
ユーザ定義データ(UOUT)は、S/PDIF信号中のUビットの出力で、ユーザが定義したデータが含まれています。

CLKST 出力は、DAI内蔵のPLLがS/PDIF入力信号とロックしたり、ロックがはずれたりしたときに出力(Hレベル)されます。

BFRAME(BER)出力は、Channel Status データ/ユーザ定義データのはじまりを表します。これらのデータは左右各チャネルについて192ビットでひとまとまりを構成しています(S/PDIF信号の解説を参照してください)。

なお、WP-9193DACの基板上に、これらの信号が引き出されていますが、そのピン割り当ては、下図の通りです:

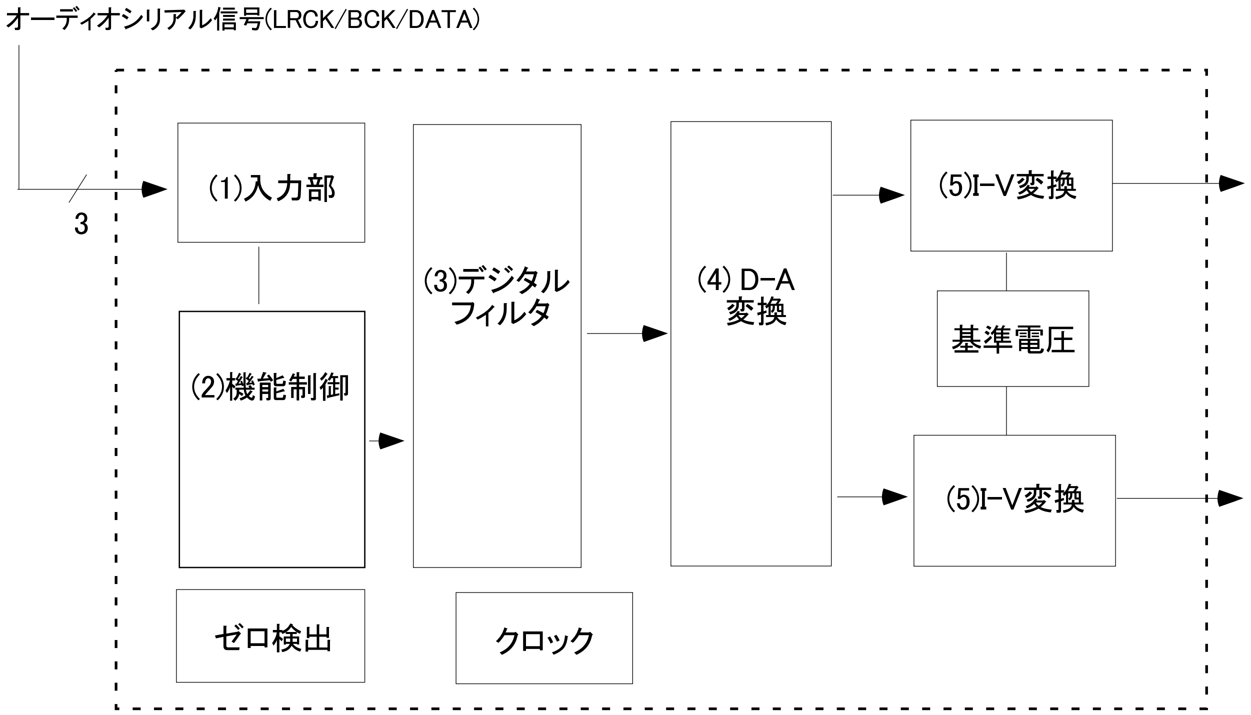
(図5) オーディオシリアル信号及び各種情報出力 ピン割り当て



(4) D-Aコンバータと(5)出力部は、DAIから出力されるオーディオシリアル信号を受け取り、アナログ信号に変換します。

本キットに使用されているD-Aコンバータ(PCM1793)は、24ビット精度、サンプリング周波数192kHzに対応しており、
下図のような内部構造をしています:

(図6) PCM1793の内部構造




(1)入力部は、DAIからやってきたオーディオシリアル信号を受け取る部分です。DAIの説明で説明しましたように、この入力部にやってくるオーディオシリアル信号にはいくつかの違った形式のものがあります。どんな形式の信号を入力として受け付けるかは、(2)の機能制御部によって制御されています。

WP-9193DACに使われているD-AコンバータIC(PCM1793)では、データビット長は16ビットと20ビットと24ビットが選べるようになっており、データの右詰め/左詰め/I2S形式が選べるようになっています。

(2)機能制御部は、上に説明した入力部の機能や、(3)のデジタルフィルタ部の機能を設定します。
WP-9193DACに使われているD-AコンバータのIC(PCM1793)では、この設定はリセット時(電源が入った時)に取り込まれ、各部に設定されます。

(3)デジタルフィルタ部は、サンプリング周波数を変換したり、出力される信号の周波数特性を加工したりしています。デジタルオーディオ機器からやってくる信号は、信号と雑音の比を大きくするために、高域を持ち上げて送られてきます(これをプレエンファシスといいます)が、これを元に戻す(これをデエンファシスといいます)働きもします。

なお、WP-9193DACでは、測定用の信号発生器としても使えるように、デエンファシスを無効にすることもできます。

(4)D-A変換部は、デジタルフィルタ部で加工されたデジタルデータを、アナログ信号に変換します。本キットに使われているD-AコンバータIC(PCM1793)では、内部で一旦電流としてD-A変換され、(5)のI-V変換によって電圧に変換され出力されます。

(5)出力部は、D-AコンバータICによって変換されたアナログ出力中に含まれる雑音を減らしたり、ケーブルを駆動したりする部分です。

このように、D-Aコンバータは、S/PDIF信号をオーディオシリアル信号に変換する部分、このオーディオシリアル信号をアナログ信号に変換する部分から構成されています。

デジタルオーディオに使われるICには様々な機能のものがあります(WP-9193DACに使われているDAIのDIR9001、D-AコンバータのPCM1793はそのほんの一部です)が、これまでに解説したオーディオシリアル信号の形式とS/PDIF形式を把握することが、自分で何かデジタルオーディオ関連のICを使った工作をする際に役に立つでしょう。

(参考: デジタルオーディオに使われるICの機能いろいろ)

DAI : S/PDIF信号をオーディオシリアル信号に変換
DAC: オーディオシリアル信号をアナログ信号に変換
デジタルオーディオトランスミッタ: オーディオシリアル信号をS/PDIF信号に変換し送信
ADC: アナログ信号をオーディオシリアル信号に変換
デジタルアンプ: オーディオシリアル信号でスピーカ(またはヘッドホン)を鳴らす
その他いろいろ

(注: ICの型番、機能の詳細などについては、メーカ(テキサス・インスツルメンツなど)のWebページを参照してください)

# WP-9193DACの応用例(デジタルアンプ)

## (1) TAS5706Aの概要

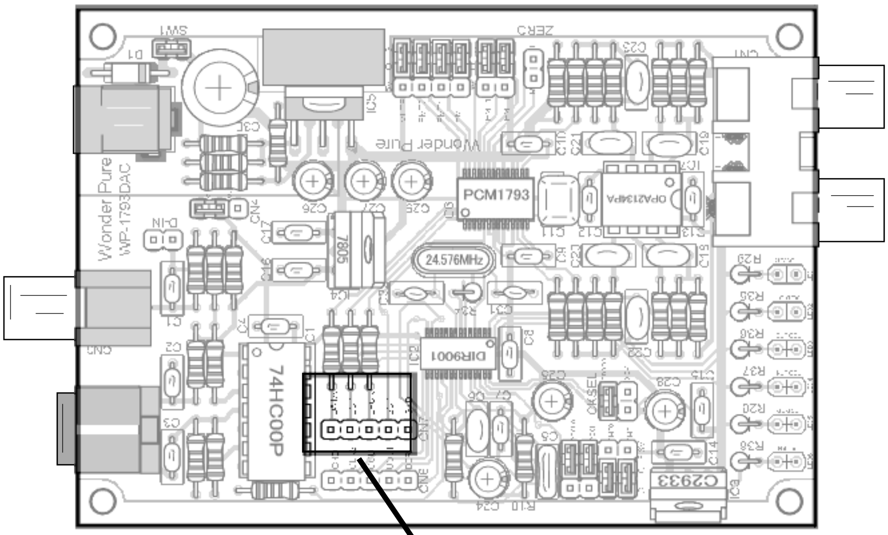
この章では、WP-9193DACの応用例として、テキサス･インスツルメンツ社のデジタルアンプIC、TAS5706Aを接続した、D級出力のデジタルアンプを紹介します。

デジタルアンプは、デジタルオーディオ機器から出力される、S/PDIF信号を直接入力してスピーカ(またはヘッドホン)を駆動するアンプです。市販のD級アンプが「デジタルアンプ」として紹介されることがありますが、D級アンプはアナログ信号を入力とするので、ここで紹介するデジタルアンプとは異なります。

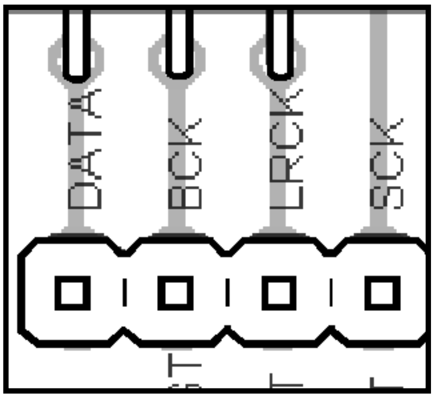
ここで紹介するデジタルアンプIC、TAS5706Aは、外形寸法10,2mm角という超小型パッケージながら、20W+20Wの出力を実現しています。

音量調整は、I2Cインターフェイスによって、マイコン制御で行います。

ここでは、このTAS5706Bを使った、20WBTL出力2チャンネルのステレオアンプの接続例を示します。




この4つの信号を使って接続します。

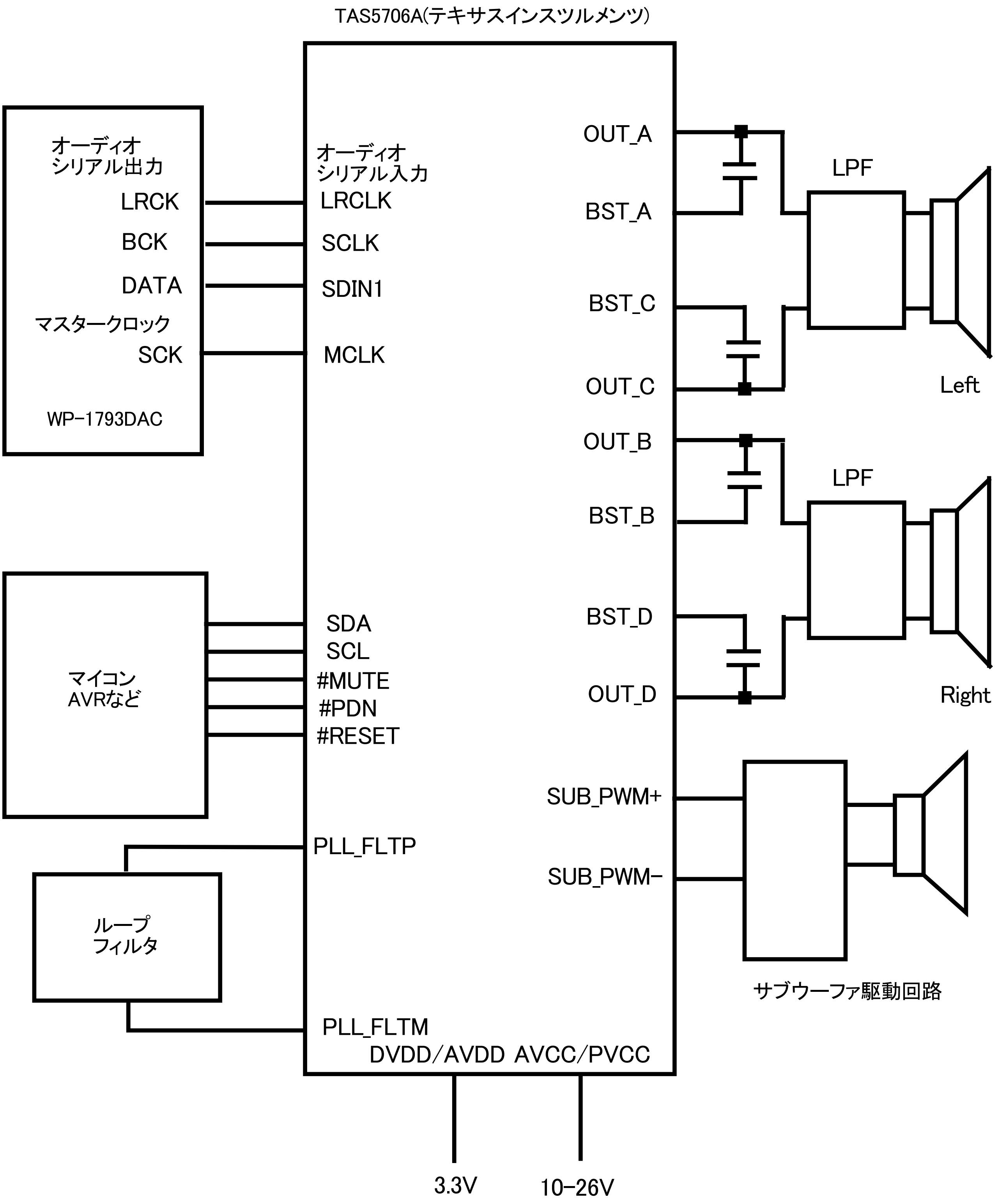



**注意(重要!!)**

WP-9193DACの電源とここで紹介しますデジタルアンプの電源は、WP-9193DACの電源回路の都合上、一緒にできません(詳細はこの説明書5ページの図を参照してください)。
必ず別のACアダプタを使ってください。

## (2) 接続の概要

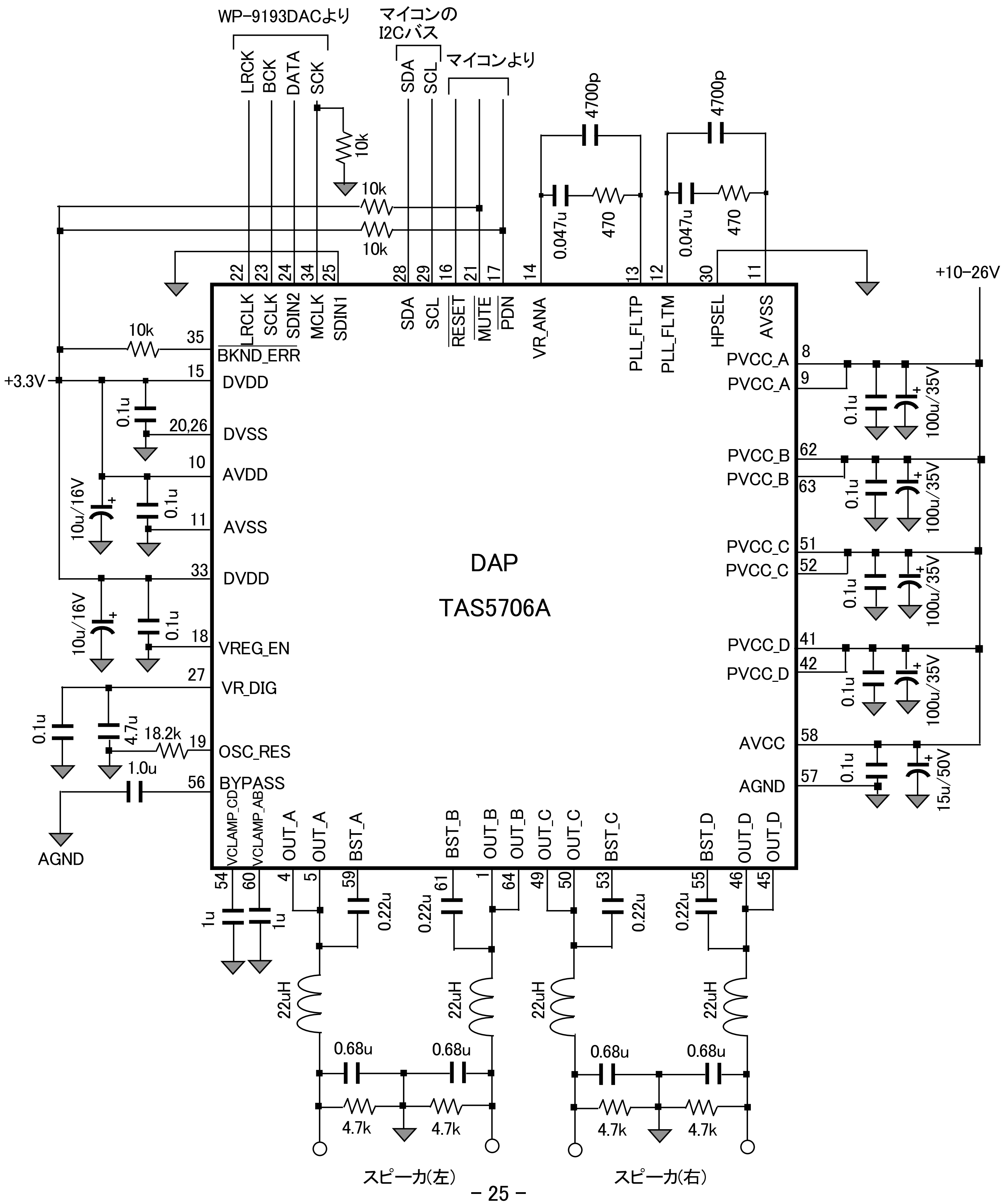
WP-9193DACとTAS5706Aを組み合わせた、20W+20Wステレオアンプの概略接続図を下に示します。詳しい回路はデータシートを入手して各自研究の上、挑戦してください。



# TAS5706A 20W+20W BTLデジタルアンプ 回路図

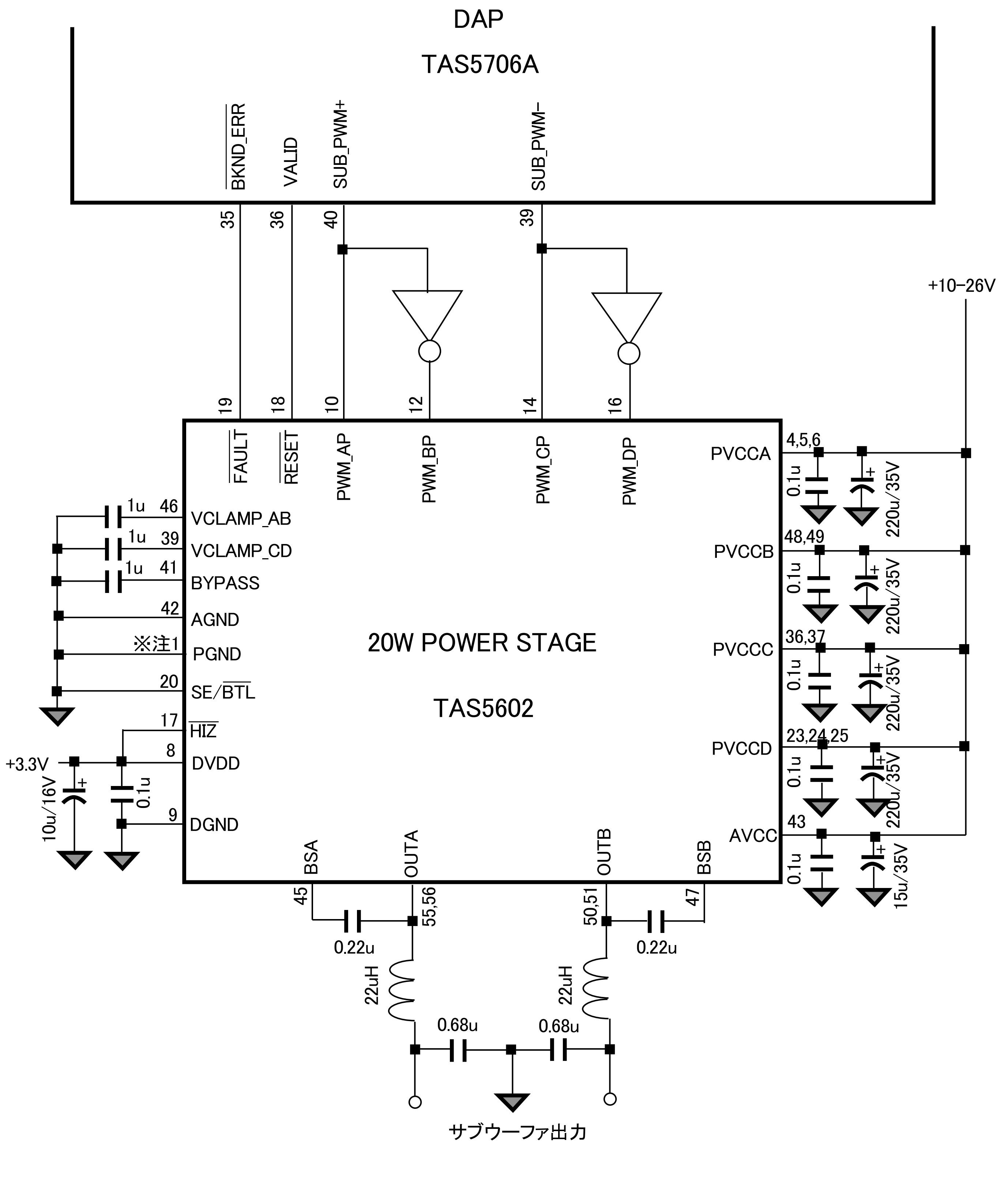
## 基本回路

注意事項: 図中のGND記号は注記のない限り、PGNDに接続します。
TAS5706A裏面の放熱用パッドをPGNDに接続してください。
2番、3番、6番、7番、43番、44番、47番、48番の各ピンをPGNDに接続してください。
STEST(31番)、TEST2(32番)のピンはICメーカのテスト用です。PGNDに接続してください。
TAS5706Aはマイコンで制御することを前提に作られています。マイコンなしでは動きません。



サブウーファ駆動回路

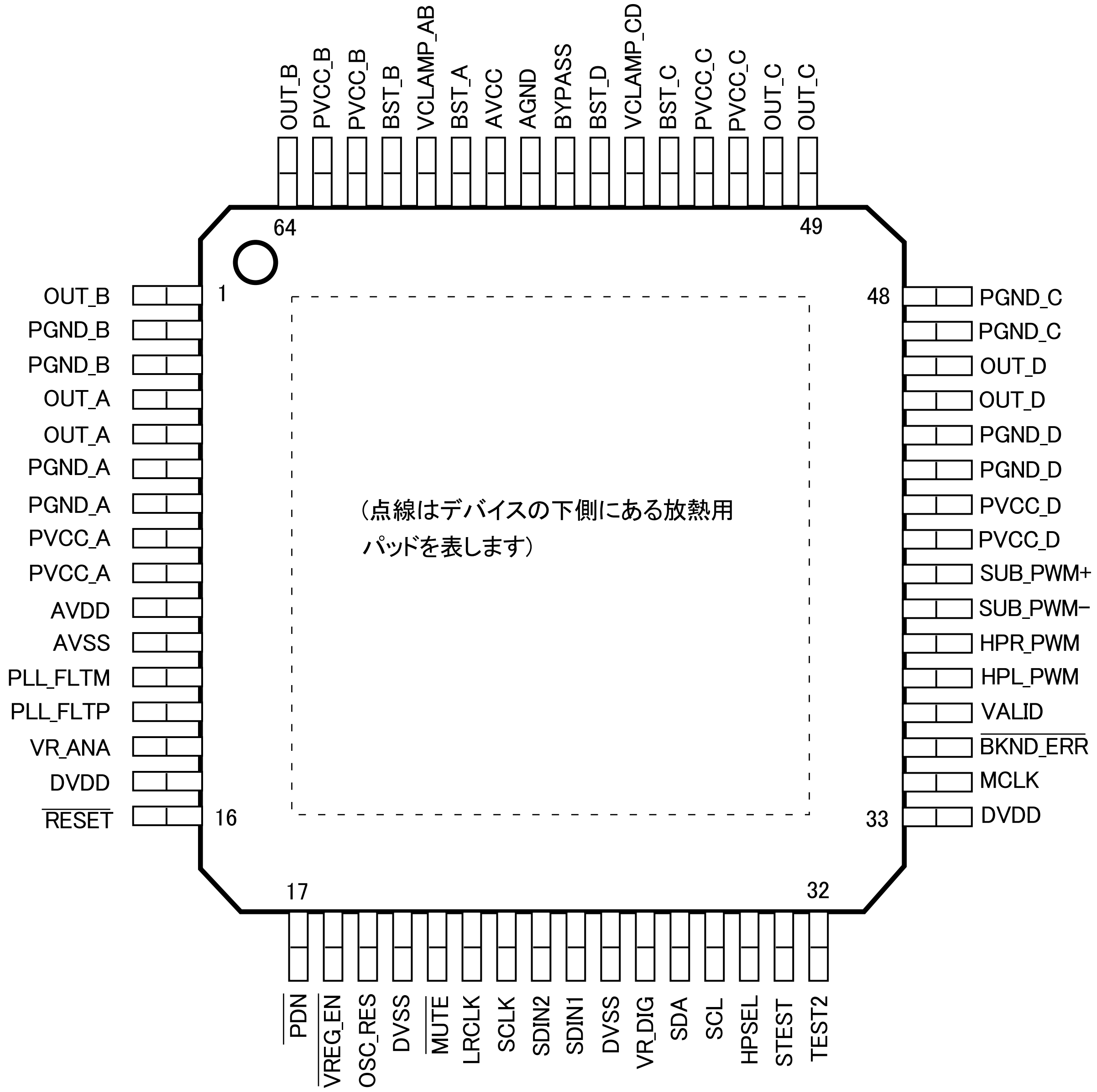
（TAS5602のデータシートより引用、TAS5706のデータシートに基づき加筆）




※注1: PGNDは1番、2番、3番(チャネルA)、26番、27番、28番(チャネルB)、
31番、32番、33番(チャネルC)、52番、53番、54番(チャネルD)に出ています。
TAS5602裏面の放熱用パッドをPGNDに接続してください。

TAS5709のピン配置(上から見た図): ピン番号は丸印のところから反時計回りに数えます。

64ピンHTQFP



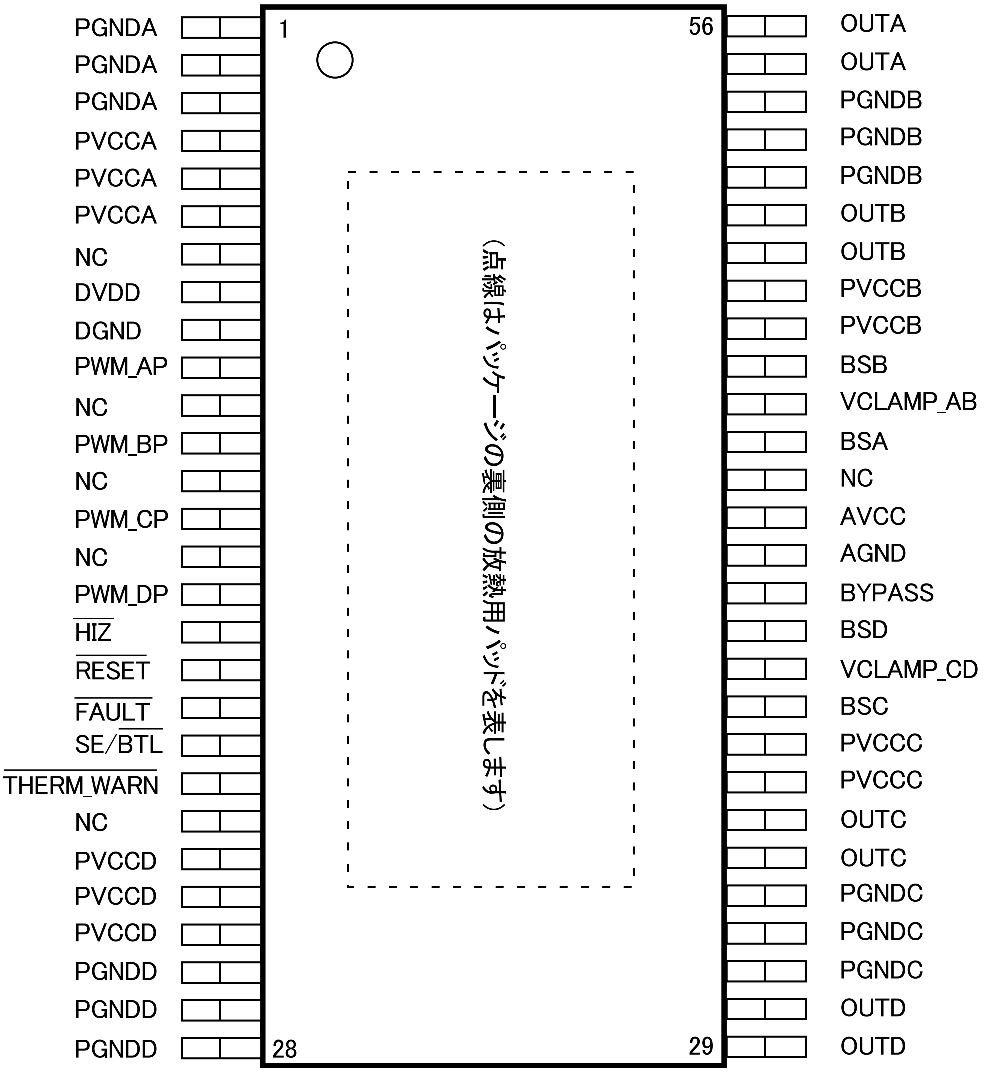

注: 信号名の上に棒線がついている信号は負論理(Lレベルの時有効)です。

デバイス裏側にあるパッドは放熱用のものです。基板上でPGNDに接続してください。

31番ピン(STEST)及び32番ピン(TEST2)はICメーカのテスト用端子です。基板上でPGNDに接続してください。

TAS5602のピン配置(上から見た図): ピン番号は丸印のところから反時計回りに数えます。

56ピン DCAパッケージ




注: 信号名の上に棒線がついている信号は負論理(Lレベルの時有効)です。
デバイス裏側にあるパッドは放熱用のものです。基板上でPGNDに接続してください。

## (3) TAS5706Aについて

TAS5706Aは、テキサスインスツルメンツ社から発売されている、デジタル入力のD級アンプで、次のような特徴があります:

(1) BTL接続専用。10.2mm角の超小型サイズながら、電源電圧18V時に、8Ω負荷で20W+20Wの出力が得られます。

(2) 2.1チャネル対応のサブウーファ出力付き(外付け出力段のTAS5602と組み合わせて使います)。

(3) ヘッドホンが駆動可能な、ヘッドホン出力付き。

(4) 各種オーディオシリアル信号形式に対応しています。

(5) マイコンから、I2Cバス(データ線(SDA)とクロック線(SCL)の2本の線でデータをやりとりするバス)経由で制御します。

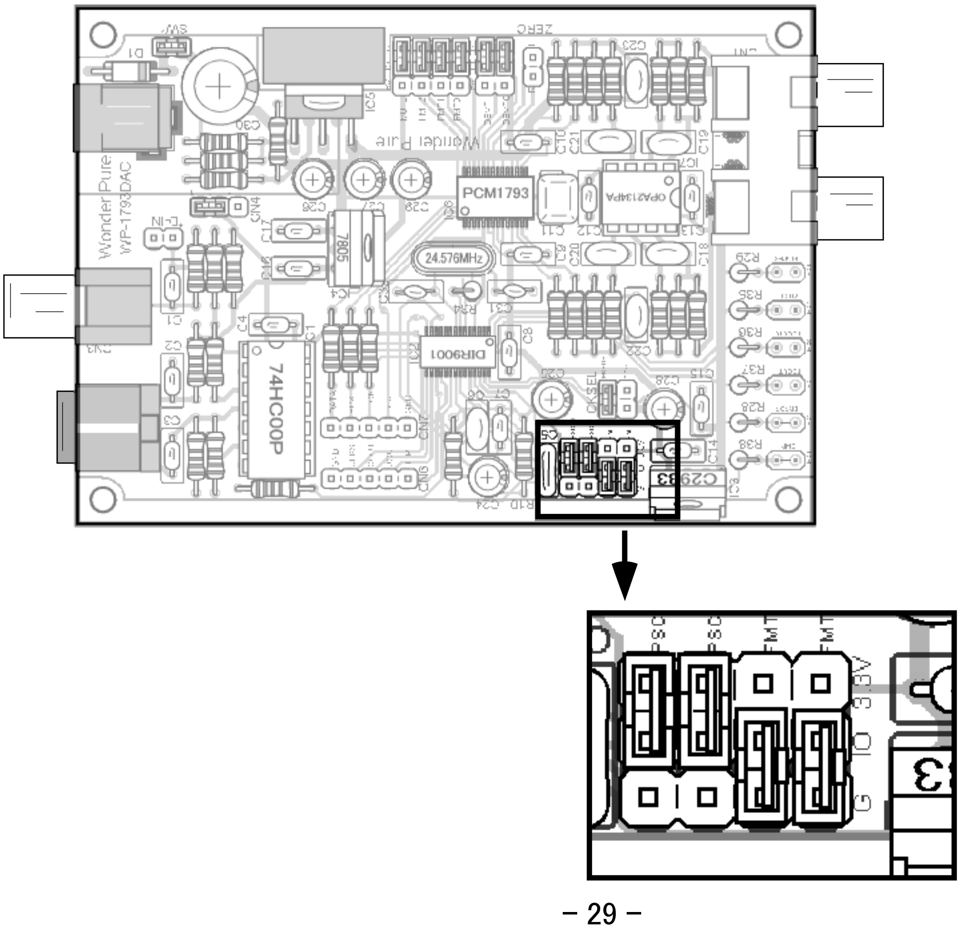
このICは、マイコンと組み合わせて使うことを前提に作られています(マイコンからコマンドを送ってやらないと動きません)。制御コマンドについての詳細、および初期化の手順については、データシートをご覧ください。

この実験では、WP-9193DAC上のDAIからの出力を使って動かしてみますが、AVRマイコンなどのワンチップマイコンとDAIとTAS5706A、サブウーファ駆動用に外付け出力段のTAS5602を1枚の基板上にまとめて、コンパクトなS/PDIF入力デジタルアンプを構成することも可能です。

## (4) WP-9193DAC側の設定

TAS5706Aのデータシートを見ると、制御コマンドがたくさんあって、何をどう制御したらよいのかわからなくなることがあるかと思います。そこで、TAS5706Aの設定のデフォルト値をうまく使って、最小限の設定で動かせるように、WP-9193DAC側の設定を行うことにします。

設定するDAI関連のジャンパは、次の場所にあります。



TAS5706Aのデフォルトの設定は次のようになっています:

(1) データ形式: 24bit I2Sフォーマット

(2) fs=48kHz

(3) MCLK周波数=256*fs

これまでに説明しましたWP-9193DACの設定説明(DAIの設定)を参照して、ジャンパを設定してください。

### (5) TAS5706Aの設定

TAS5702Aは、マイコンから制御することを前提に設計されています。
(マイコンで制御しないと動きません)

TAS5706Aとマイコンの間の通信は、I2Cバスで行います。I2Cバスは、データ線(SDA)とクロック線(SCL)の2本の線を使ったバスです。

電源を入れた後で、最初に行う必要があるのは、TAS5706Aのリセットです。
リセット手順は次の通りです:

(1) $\overline{\text{RESET}}$端子と$\overline{\text{PDN}}$端子を'L'レベルにします。
(2) $\overline{\text{PDN}}$端子を'H'レベルにし、100u秒待ちます。
(3) $\overline{\text{RESET}}$端子を'H'レベルにし、13.5m秒待ちます。

このあと、I2Cバス経由でTAS5706Aの初期化を行います。最初に、TAS5706A内蔵の発振回路の周波数を工場出荷時の値にセットします(レジスタ0x1Bに0x00を書き込みます)。セット後、発振周波数が安定するまで、50m秒待ったあとで、残りの初期化を行います。

初期化すべき内部レジスタとその値、及びその意味については、次ページの表をご覧ください。

## TAS5706A 設定項目一覧

(1) 再生中に操作するもの

| | アドレス | レジスタ名 | 機能 | 設定 | 意味 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0x07 | Master Volume | 全体の音量設定 | 右参照 | 全体の音量を設定する |
| 2 | 0x06 | Soft Mute | 各チャネルのミュート(該当ビットに1をセットするとミュート) | 0x00 | ミュートしない |
| 3 | 0x08 | Ch1 vol. | Lチャネルの音量 | 右参照 | Lチャネルの音量を設定する |
| 4 | 0x09 | Ch2 vol. | Rチャネルの音量 | 右参照 | Rチャネルの音量を設定する |
| 5 | 0x0c | Headphone vol. | ヘッドホンの音量 | 右参照 | ヘッドホンの音量を設定する |
| 6 | 0x0d | Subwoofer vol. | サブウーファの音量 | 右参照 | サブウーファを使うとき設定する |

(2) 初期設定するもの

| | アドレス | レジスタ名 | 機能 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0x1B | Oscillator TRIM | 内蔵発振器の設定 | 0x00 | 工場出荷時の設定を有効にする |
| 2 | 0x00 | Clock control | サンプリング周波数/MCLK周波数 | 0x54 | fs=44.1kHz/MCLK=512*fs |
| 3 | 0x03 | System control 1 | DCカット機能、エラーからの回復、クロック自動検出、デエンファシス設定 | 0xa2 | DCカット有効、fs=44.1kHzに合ったデエンファシス |
| 4 | 0x1c | BKND_ERR | back-endエラー時の設定 | 0x02 | データシート初期値を使用 |
| 5 | 0x22 | AM mode | AMラジオへの妨害対策 | 0x080000 | fIF=455kHz |

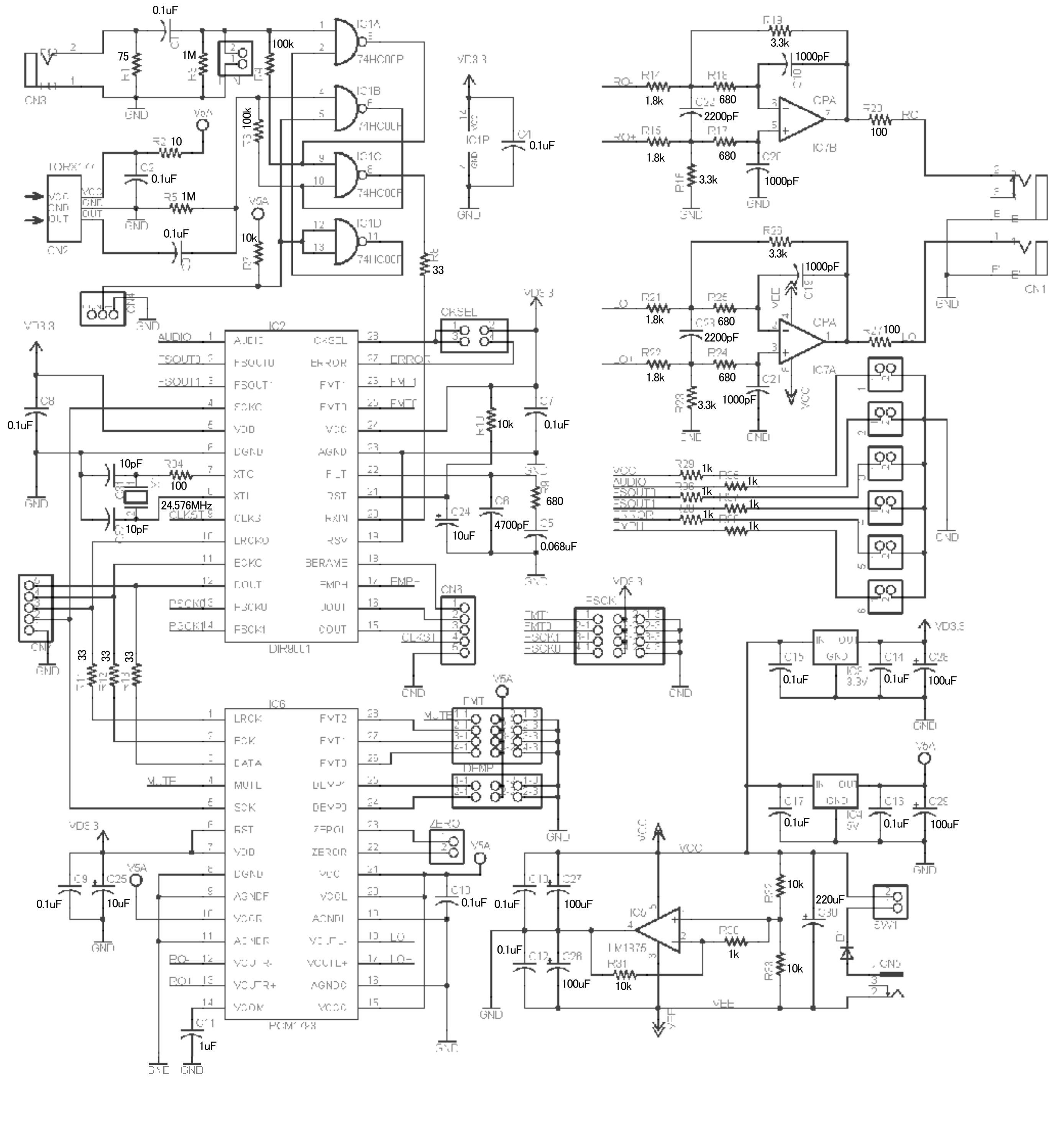
(3) 初期設定後の操作

| | アドレス | レジスタ名 | 機能 | 設定値 | 意味 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0x05 | System control 2 | 再生開始、ヘッドホンの音量をレジスタ0x0cで行うかどうか設定 | 0x20 | 再生を開始する |
| 2 | 0x07 | Master Volume | 全体の音量をマイコンから制御する | 右参照 | 前回の値をマイコンの側で記憶しておき、その値を用いる |
| 3 | 0x08 | Ch1 vol. | Lチャネルの音量 | 右参照 | 前回の値をマイコンの側で記憶しておき、その値を用いる |
| 4 | 0x09 | Ch2 vol. | Rチャネルの音量 | 右参照 | 前回の値をマイコンの側で記憶しておき、その値を用いる |
| 5 | 0x0c | Headphone vol. | ヘッドホンの音量 | 右参照 | 前回の値をマイコンの側で記憶しておき、その値を用いる |
| 6 | 0x0d | Subwoofer vol. | サブウーファの音量 | 右参照 | 前回の値をマイコンの側で記憶しておき、その値を用いる |

音量設定は、Volumeレジスタに設定値を書き込むことによってなされます。設定値が0の時最大音量となり、0xffのとき無音(ミュート状態)になります。
マイコンで音量設定を行うときは、設定値をマイコン内蔵のEEPROMに保存しておき、次回電源を入れたときに保存しておいた値を設定するようにします。

# WP-9193DAC 全体回路図

※ 下図の回路及び部品定数は予告なく変更することがあります。
あらかじめご了承ください。




本製品の回路形式及び仕様につきましては、予告なく変更することがあります。
あらかじめご了承ください。